

## ENGINYERIA D'EDIFICACIÓ

### PROJECTE FINAL DE GRAU

**GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L'INICI DEL SEGLE **XX** FINS MITJANS DE SEGLE**

**Projectista/es:** Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández  
**Director/s:** Gemma Muñoz  
**Convocatòria:** Octubre 2010

## Resum

El present projecte té per objecte completar una guia pràctica de les estructures més emblemàtiques a Espanya des de la segona meitat del segle XIX fins la primera meitat del segle XX. Es contemplen estructures de ceràmica, acer, formigó i ceràmica armada.

El treball es divideix en diverses parts. La primera es tracta d'una memòria que introdueix de forma resumida les quatre tipologies estructurals, explicant el seu funcionament, la seva aplicació a l'obra i com han avançat en la història. També incorpora una cronologia de les obres més importants que s'han realitzat amb aquestes tipologies a Espanya i Amèrica del sud, per poder visualitzar el contrast i el pas d'una tipologia a una altra en el temps.

La segona part consisteix en l'elaboració d'unes fitxes explicatives dels arquitectes i enginyers més importants, i una explicació d'algunes de les seves obres amb l'ajuda de seccions constructives en els punts més interessants.

Aquesta part és una ampliació de tres projectes diferents, un projecte que contempla les estructures de ceràmica, un projecte sobre formigó armat i un projecte sobre l'acer. Així doncs, s'han buscat algunes obres importants que faltaven en els treballs anteriors i s'han afegit en aquest projecte. Algunes d'aquestes obres són l'Hospital Clínic de Barcelona, el Banco de Bilbao de Madrid o el Mercat de Sant Antoni. Per tant, les estructures de ceràmica armada no provenen de cap projecte i s'han considerat oportunes en el present treball per tal de poder completar la guia al màxim.

Finalment, una vegada s'han contemplat les obres més importants, es procedeix a una anàlisi estructural de cadascuna per tal de poder entendre el seu comportament a les càrregues gravitatòries i al vent mitjançant esquemes i deformades. Aquesta part contempla totes les obres vistes en els treballs anteriors, ja que la majoria no havien sigut analitzades estructuralment.

## Índex

1. Introducció.	03
2. Memòria.	
2.1. Ceràmica.	04
2.2. Acer.	07
2.3. Formigó Armat.	11
2.4. Ceràmica Armada.	14
2.5. Cronologia.	23
3. Autors i Obres.	
3.1. Ceràmica.	
Guastavino.	24
Teatre la Massa.	25
Buffalo General Hospital.	26
Fàbrica de ciment.	27
National Gallery.	28
Rodef Sholem Synagogue.	29
Custom House.	30
Green Point Saving Bank.	31
St. Paul's Chapel.	32
Temple Emanu-el.	33
Manhattan Municipal Building.	34
Lluís Muncunill.	35
Convent de les germanes Josefines.	36
Edifici agrupació regionalista.	38
Fàbrica Aymerich.	41
Masia Freixa.	42
El vapor Aymerich.	43
Societat General Elèctrica.	48
Quadra del vapor Amat.	50



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Resum i Índex

01



<i>Josep Domenech i Estapà.</i>	51	<i>Coberta hospital clínic.</i>	101
<i>Hospital Clínic.</i>	52	<i>Hipòdrom de la Zarzuela.</i>	102
<i>Presó d'audiència.</i>	55	<i>Pont del perdut.</i>	102
<i>Bodegas "El águila"</i>	58	<i>Estadi de les Corts.</i>	103
		<i>Pont de Suert.</i>	103
<i>Jeroni Martorell.</i>	61		
<i>Celler Alella Vinícola.</i>	62	<i>Carlos Fernández Casado.</i>	104
		<i>Estadi Bernabeu.</i>	105
<i>Domenech Sugranyes.</i>	65	<i>Fàbrica Fiat.</i>	105
<i>Plaça de Toros La Monumental.</i>	66	<i>Metal·lúrgica de Santa Ana.</i>	106
		<i>Fàbrica espanyola de zinc.</i>	106
<i>Esteve Terrades i Illa.</i>	69		
<i>Estació Plaça Universitat.</i>	70	<i>Félix Candela.</i>	107
		<i>Pabelló dels raigs còsmics.</i>	108
3.2. Acer.		<i>Església de Sant Antoni dels Horts.</i>	108
		<i>Laboratoris Ciba.</i>	109
<i>Josep Maria Cornet i Mas.</i>	73	<i>Les Aduanes.</i>	109
<i>Mercat del Born.</i>	74		
<i>Mercat de Sant Antoni.</i>	75	<i>Javier Saez de Oiza.</i>	110
		<i>Edificio Banco Bilbao Madrid.</i>	111
<i>Joan Torras i Guardiola.</i>	88		
<i>Mercat de Tortosa.</i>	89	3.4. Ceràmica Armat.	
<i>Palau de la indústria.</i>	90		
<i>Monument a Colom.</i>	91	<i>Eladio Dieste.</i>	117
<i>Mercat de Gràcia.</i>	92	<i>Església d'Atlàntida.</i>	118
<i>Estació de Tarragona.</i>	93	<i>Barbieri e Leggire. "Sea Gull".</i>	121
<i>Estació de França.</i>	94	<i>Torre d'aigua.</i>	124
<i>Palau de la Il·lum.</i>	95	<i>Depòsit Julio Herrera i Obes.</i>	127
<i>Estació de Portbou.</i>	96	<i>Estació d'autobús.</i>	129
3.3. Formigó Armat.		4. Conclusions.	132
		5. Recomanacions	134
<i>Eduardo Torroja.</i>	99	6. Bibliografia.	136
<i>Aqüeducte de Tempul.</i>	100	7. Agraïments.	137
<i>Viaducte del Aire.</i>	100	8. Justificació d'ambientalització.	138
<i>Coberta mercat Algecires.</i>	101	9. Annex: Estudi d'Esteve Terrades.	

## 1. Introducció

*"L'arquitectura és una música de pedres i la música, una arquitectura de sons."*

Ludwig van Beethoven

*"El acto creativo dificilmente será el resultado de la simple inspiración, sino que, en general, será el resultado del trabajo continuo y esforzado, de muchos años de dedicación y esfuerzo mental para la educacion de la inteligencia en el estudio de los distintos problemas."*

Félix Candela

*"Surprise. As all art, architecture help us contemplate. Life wears out our ability for surprise. Surprise is the beginning of a true vision of the world."*

Eladio Dieste

El present projecte té per objecte completar una guia pràctica de les estructures més emblemàtiques a Espanya des de la segona meitat del segle XIX fins la primera meitat del segle XX. Per poder realitzar una guia suficientment àmplia i tècnica en quant a detalls constructius i anàlisi d'estructures, s'ha partit de la base de tres projectes anteriors on cadascú analitza una tipologia estructural diferent: ceràmica, ferro i formigó armat. Per tant, l'objecte del projecte és unificar les estructures ja estudiades, ampliar la informació amb noves estructures que no s'havien contemplat i finalment analitzar el funcionament estructural de les mateixes.

La sistemàtica d'elaboració del projecte consta de fases bé diferenciades. La primera fase consisteix en estudiar i conèixer la informació ja obtinguda, en aquest cas, els tres projectes ja realitzats. D'aquesta manera es podrà saber la informació que falta, quines obres s'han de complementar i quins autors falten per profunditzar. La segona fase consisteix en buscar aquesta informació en arxius, biblioteques i col·legis professionals, per poder trobar els plànols originals de les obres i per tant, garantir la veracitat de la informació. Així doncs, s'han visitat llocs com el Col·legi d'Arquitectes de Barcelona, l'Arxiu històric de la ciutat, l'Institut d'Estudis Catalans i la secció d'Urbanisme de Barcelona.

A partir d'aquesta recopilació d'informació, la següent fase consisteix en interpretar, ordenar i dibuixar els aspectes més importants i que més s'apropen a l'objecte del projecte. Amb aquest mètode, s'han elaborat els detalls i seccions constructives que millor plasmen, no només la tipologia estructural, sinó el seu funcionament estructural en conjunt de l'edificació en qüestió.

Una vegada s'han estudiat les obres, ampliant les anteriors i contemplant de noves, l'últim pas consisteix en l'elaboració d'esquemes per tal de conèixer el comportament estructural. D'aquesta manera es pot saber, de manera pràctica, com funcionen les diferents obres comparades segons la tipologia, l'autor i l'any de construcció. És aquest punt el que finalitza i completa la guia, complint amb l'objecte inicial.



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Introducció

03

## 2. Memòria

## 2.1. Ceràmica

- La volta catalana

La volta catalana, constructivament coneguda per volta de maó de pla, és una tècnica de construcció tradicional catalana, valenciana i extremenya, originària de les construccions romanes.

Son voltes de fàbrica i ceràmica, fetes amb maons o rajoles i morter. La posada en obra consisteix en la col·locació de maons de pla formant una o dues fulles. Generalment, els maons s'assenten tancant arcs o anells successius, fins completar la volta. La subjecció dels maons s'aconsegueix mitjançant la adhesió del morter de fraguat ràpid. No s'utilitzen cindris però es fan servir formes diverses amb altres elements auxiliars. D'aquesta manera es poden controlar les geometries de les voltes, sobretot quan es tracta de voltes amb grans llums. La secció total de la volta amb les dues fulles, la capa intermitja i el recobriment, és de l'ordre de 10 centímetres. Un dels elements més importants de les voltes de maó de pla són els recolzaments. Hi ha diverses maneres d'aconseguir aquest recolçament, ja sigui un nus isostàtic o empotrat, per tal d'absorbir les empentes horitzontals que transmeten.

Les avantatges principals de les voltes de maó de pla es poden resumir en quatre punts:

1. Gran economia de posada en obra. En voltes senzilles no cal utilitzar cindris. En el cas de voltes complexes és necessari una plantilla de guia.
2. Lleugeresa en relació a la capacitat portant, tant pels materials emprats com pels gruixos, bastant inferiors.
3. Reducció de masses dels estreps i contraforts, que redueixen les empentes horitzontals.
4. Capacitat il·limitada d'adoptar formes. Aquesta tècnica permet realitzar totes les formes habituals de les voltes i altres més complexes.

A la primera meitat del segle XIX es van començar a utilitzar a Espanya i França per a construir cobertes i sostres de naus industrials, sobretot tèxtils. L'ús del ciment Pòrtland al doblat va permetre utilitzar-les com a cobertes, sense necessitat de muntar sostrades o uns altres mètodes d'impermeabilització. A la segona meitat del segle XIX es va aplicar a les construccions nobles dels eixamples de l'època de la industrialització com l'Eixample Cerdà de Barcelona. Posteriorment comencen a salvar grans llums, essent la més gran, la volta construïda sobre el creuer de la *Saint John the Divine of New York*, d'en Rafael Guastavino Moreno, amb una llum de 33 metres. La tècnica de construcció es coneixia prou bé, però en canvi el seu comportament estructural no, pel que a partir del segle XVIII començaren a ser vistes amb desconfiança per alguns arquitectes, per manca de seguretat i durabilitat. Molts altres especialistes les van considerar com monolítiques i no productores d'empentes. Es va intentar analitzar el seu comportament seguint diferents mètodes, però van fracassar en moltes ocasions.

Finalment, a Espanya, a mitjans del segle XX van entrar en desús, per diversos motius: la desaparició de la mà d'obra especialitzada, la classificació com a impossibles de calcular, fet que va portar la demolició de moltes d'elles i la seva substitució per altres sistemes constructius convencionals, com el formigó armat, d'incipient ús en aquella època.



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures  
PROJECTE FINAL DE GRAU  
GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL  
DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatòria Octubre 2010

Contingut: Memòria Ceràmica

04

• Procés Constructiu

S'anomena volta catalana o de maó de pla a la realitzada mitjançant superposició de com a mínim, dues capes de rajoles o maons col·locats amb la taula tangent a la directriu de la volta. Per a fer un sostre o una escala o per cobrir espais entre arcades o parets, es fa un primer full amb rajola o maons fins col·locats amb guix, a sobre es disposen un o més fulls de maons i morter de ciment, això fa que sigui molt més lleugera que les voltes construïdes amb altres sistemes.

L'habilitat dels paletes era el factor decisiu en la construcció de voltes de maó de pla ja que la llum de la volta solia estar al voltant de 4 i 6 metres, i la seva fletxa entre 20 i 40 centímetres. L'execució de la primera fulla o senzillat, que dona la forma a la volta és la fase que exigeix la més gran mestria per part de l'operari. Sobre una traça marcada a la paret se situen les primeres peces, agafades amb pasta de guix sense cap retardant, o morter de calç o ciment ràpid, ha d'adormir-se amb suficient velocitat com per suportar el pes del maó o la rajola en molt poc temps: 15 o 20 segons. Les peces ceràmiques es col·loquen seques, perquè pesin el menys possible. El guix es col·loca sobre les vores, cantell i testa, que han d'entrar en contacte amb les peces ja col·locades. Un cop col·locada la peça en el seu lloc, el paleta ha d'afermar-la contra les anteriors per compactar la pasta dels junts, mitjançant un sol cop en la direcció diagonal.

En el cas de les voltes d'escala o, en general, de les voltes de canó, l'aparell utilitzat és el resultant de la construcció d'arcs successius. El doblat, o estesa del segon gruix, es col·loca sobre bany de morter a trencajunts sobre la primera, i d'igual manera, en fulles successives, si són necessàries. És una operació que es realitza gairebé de forma simultània al senzillat. Un cop acabats dos o tres arcs d'aquest, s'han de cobrir amb una capa de morter amb un gruix de varis mil·límetres i es fa passar el doblat. Cal posar la màxima atenció per tal d'aconseguir que existeixi una completa discontinuïtat de junts entre totes les fulles que formen la volta, essent una condició que cal acomplir rigorosament.

La volta catalana de maó de pla usualment té dos o tres fulls o capes de rajoles i maons, els quals, en els casos més acurats o en construccions més nobles, es disposaven ja des del primer full o capa esbiaixats, és a dir a 45° respecte a la directriu o a les parets que sustenten la volta, mentre que en els casos corrents es disposa paral·lela a la generatriu o a les parets de sustentació. La segona capa era feta amb maons amb juntes de morter de calç, girada 45° respecte de la primera si aquesta era paral·lela a les parets; la tercera capa, en el seu cas, era un doblat de la segona, feta igual però girant 90° la direcció dels maons.

Atès que la volta és molt prima, requereix d'algun procediment que impedeixi la seva deformació. Si és de canó, l'ajut pot venir dels envanets o llengüetes necessàries per a suportar el paviment superior. Si és una volta d'intersecció de canons, d'aresta, de racó de claustre o de llunetes, o si és de doble curvatura, bufada, de Bohèmia o de mocador, etcètera, la pròpia forma li dona la rigidesa necessària.



- Orígens històrics

Els seus orígens històrics són molt incerts trobant-se uns possibles antecedents en la construcció romana. La veritat és que els primers exemples que es poden considerar propis d'aquesta tècnica no es troben fins als inicis del segle XV especialment en la part peninsular de la Corona d'Aragó, Catalunya, inclosa la part que després va passar a França, el País Valencià i, encara que en menor mida a Aragó. En els segles posteriors fins a bé entrat el XX, ha estat el procediment habitual per a la construcció de voltes en tota aquesta zona geogràfica. La irrupció dels nous procediments constructius i les noves maneres cúbiques de fer arquitectura que dominen a partir de la dècada dels trenta duen a què sigui una tècnica totalment i definitivament oblidada a partir de 1960. Malgrat tenir una història tan densa, no és fins a finals del XIX i inicis del XX, quan realment arriba a les majors cotes en el desenvolupament de les seves capacitats potencials participant en moltíssimes obres d'arquitectura de gran transcendència o projecció gràcies, o bé als seus avantatges pràctics o bé a les seves possibilitats formals.



## 2.2. Acer

- Breu història del ferro

Els primers indicis d'ús del ferro, procedents de meteorits, son 4.000 a.C. per part dels sumeris i egipcis. Entre el 3000 a.C. i el 2000 a.C. van apareixent més objectes de ferro a Mesopotàmia, Anatòlia i Egipte. La seva utilització està limitada a l'ús cerimonial ja que continua sent un metall molt car. Entre el 1600 a.C. i el 1200 a.C. va augmentant el seu ús a l'Orient Mitjà però no substitueix a l'ús predominant del bronze.

Entre els segle XII a.C. i X a.C. es produeix a l'Orient Mitjà una ràpida transició de les armes de bronze a les de ferro, deguda per la falta d'estany més que a una millora en la tecnologia del treball del ferro. Coneixem aquesta època com la Edat de Ferro. Seguidament es va descobrir el procés de carburació que consisteix en afegir carboni al ferro. El ferro colat va tardar més a arribar a Europa, perquè no s'aconseguia la temperatura suficient. Les primeres mostres de ferro colat que s'han trobat, ha estat a Suècia del 1150 d.C i 1350 d.C.

A l'edat mitjana i fins a finals del segle XIX, molts països europeus feien servir com a mètode de siderúrgia la farga catalana. S'obtenia ferro i acer baix en carboni emprant carbó vegetal i mineral de ferro. Aquest sistema va ser substituït pels alts forns. En un principi s'usava carbó vegetal per a obtenir ferro com a font de calor, i com a agent reductor. Durant el segle XVIII a Anglaterra, va començar a escassejar i fer-se més car el carbó vegetal i això va fer que és comencés a utilitzar el carbó de coc (un combustible fòssil) com a iniciativa. A més s'utilitzava com a font d'energia durant la Revolució Industrial, i la demanda de ferro era cada cop major.

Cap a finals del segle XVIII i començaments dels segle XIX es va començar a fer servir àmpliament el ferro com a elements estructural en ponts i edificis.

Un dels grans exemples d'implantació del ferro a la construcció fou el incendi de Chicago. A Chicago hi havia una multitud d'edificis de fusta de varies plantes i un descuit va provocar un incendi de tal magnitud que en menys d'un dia va reduir a cendres més de 8.000 edificacions. És per això que es va produir una gran demanda de la construcció. La solució que s'adopta és construir en vertical: molts pisos construïts sobre una planta reduïda.

I així és com neix l'actual concepte de l'Escola de Chicago que està formada per arquitectes que plantegen una solució similar entre ells: estructures metàl·liques revestides segons la funció de l'edifici, eliminació de murs de càrrega i més endavant donarà lloc al mur cortina. Van ser un dels grans referents en l'implementació del ferro en edificis de gran alçada.

- Ferro i siderúrgia a la Catalunya del segle XIX

La siderúrgia es una indústria que s'associa històricament amb la presència de dos minerals bàsics: el ferro i carbó, i amb la fumera dels alts forns. La indústria del ferro és una conseqüència de la industrialització, la causa principal és el cotó, la qual va posar en marxa els primers enginyers industrials de fusta, per a filar i teixir. És la evolució d'aquestes màquines les que posaran al ferro en primer terme, en comprovar la seva superioritat sobre el producte vegetal.

El mineral de ferro és relativament abundant a la terra, encara que una cosa és el seu caràcter ordinari i una altra que la seva explotació sigui rendible, tenint en compte la composició del mineral, la facilitat de la seva explotació i la importància dels seus dipòsits. Catalunya té abundants mostres de ferro existents a les comarques pirinenques especialment, que no han estat suficients per a proveir una indústria moderna siderúrgica, però sí per crear una tradició de ferro i una tècnica molt arrelada. També té grans bosses de carbó, però de baixa qualitat i baix potencial calorífic.

- La Farga Catalana

La farga catalana era un forn en el qual la combustió del carbó i del mineral era activada per una trompa que insuflava aire al forn amb molta força, augmentant així la temperatura interior. El resultat de la farga era una peça de ferro dolç (amb baix contingut de carboni) molt apreciat per la seva puresa i possibilitat de treball.

La major part del ferro de les fargues catalanes tenia una utilització local i anava especialment destinat a eines agrícoles. Les fargues catalanes aniran desapareixent a mesura que s'acabava el mineral de ferro del que es proveïen, a mesura que s'esgotaven els boscos veïns, o quan no pogueren competir amb els alts forns que tenien un nivell de productivitat molt superior. Aquest procés de desaparició durarà tota la segona part del segle XIX.

- Les fàbriques de segona fosa o foneries

Els primers Industrials s'adonaren aviat de la importància del ferro, aplicat a la maquinària, que compraven a França o a la Gran Bretanya. Tradicionalment es considera el inici del procés d'industrialització a Catalunya coincideix amb l'aparició de la primera màquina de vapor, utilitzada per l'empresa Bonaplata. Uns anys més tard va construir La Maquinista Terrestre i Marítima (1885).

La fosa és el producte d'alt forn amb un contingut relativament alt de carboni, destinat normalment a l'emmotllament, després que el mineral és fos per segona vegada. La matèria primera és el lingot de ferro. Es coneixia poc de l'estructura molecular del ferro i les possibilitats d'utilització per l'arquitectura. La indústria del ferro estava fent notables processos a Europa i aquest major coneixement comportava l'aparició de nous procediments siderúrgics que s'estaven produint a Espanya.

- El ferro com a material de construcció

La introducció del ferro com a material de construcció no va ser fàcil. El producte dels alts forns no tranquil·litzava els usuaris, ja que el ferro colat pot ser un metall molt trencadís, i quan està a la intempèrie l'oxidació afebleix al seva estructura. A més, es considerava mancat de valor estètic, i per tant es procedia a tapar-lo amb pedra (l'únic material noble a l'època).

Una vegada resolts els problemes tècnics, el ferro colat, o el mineral acerat van tenir dues aplicacions principals a l'arquitectura: els ponts i els grans espais tancats (mercats, estacions de ferrocarrils i naus industrials). L'estètica del ferro rebrà una forta embranzida amb la torre de l'enginyer Eiffel a París construïda amb motiu de l'Exposició Universal de 1889, la que va ser acceptada i convertida en un símbol de la capital francesa.

- "JOAN TORRAS HERRERÍA Y CONSTRUCCIONES" (CAN TORRAS)

En Joan Torras era un arquitecte convençut de la importància del ferro en la construcció, com a nou material noble, i procurava posar en pràctica les seves idees en les obres que li encomanaven. Era un professional que havia adquirit uns coneixements superiors sobre el tema, fins i tot en relació als seus col·legues arquitectes.

A l'hora de fer el projecte, comprava el ferro a les ferreries, comprovava la seva qualitat i resseguia tot el procés d'instal·lació. Quan l'Ajuntament gironí li adjudicà l'obra de construcció del riu sobre l'Onyar a Girona, va veure la necessitat de crear una empresa de construccions metàl·liques, convertint en pati de casa seva en el taller, i comprant una màquina per tallar el ferro i foradar-lo. Es va introduir al món de les obres particulars, gràcies a una especialització seva en les jàsseres de gelosia amb les bigues creuades, a un preu molt competitiu. Si el 1887 fa el pont de Girona, no és fins el 1882 que en Joan Torras no crea una estructura empresarial. L'empresa acceptava tota mena d'encàrrecs, des de la venda de dues jàsseres, fins a una obra important. El radi d'acció de can Torras era preferiblement Catalunya.

Als 70 anys passa de ser un professor, empresari i fabricant de construccions metàl·liques a ser un industrial siderúrgic. En Torras va prendre la decisió de fabricar ell mateix l'acer en veure una progressiva disminució dels seus marges comercials en el negoci de construccions metàl·liques, conseqüència d'una competència cada cop més dura.

A la seva mort el 1910, l'empresa passa a mans del seu fill Joan Torras Puig, veu la possibilitat d'augmentar fortament els guanys si augmenta el capital social i acaba creant la societat "Torras, Herrería y Construcciones, S.A."



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Memòria Acer

09

- La Maquinista terrestre i marítima

La indústria metal·lúrgica de transformació i les construccions mecàniques és un sector bàsic per al desenvolupament industrial del país. La presència d'empreses com “La Maquinista Terrestre y Marítima”, és una mostra de la importància del sector en l'economia catalana de la segona meitat del segle. Neix de la fusió dels tallers de Valentí Giral (Companyia Bonaplata) i la “Sociedad Barcelonesa”.

La Maquinista Terrestre i Marítima és l'empresa metal·lúrgica més important del país. Des de que Josep Maria Cornet va entrar a l'empresa el 1874 i sobretot des de que s'encarregà de la direcció el 1881 van ser molts enginyers els que hi van treballar: l'empresa va tenir un paper importantíssim en la consolidació de la professió d'enginyer industrial i de la cultura industrial pròpia del seu temps. Aquesta especialitat industrial necessitava un capital humà amb capacitat tècnica adequada per a aplicar els avenços tecnològics que anaven apareixent.

El seu discurs a la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona l'any 1910 és una declaració de principis, una mena de resum de la filosofia que ha impregnat tots els projectes realitzats durant la seva carrera, que ens trobem davant de dues tipologies molt clares: el desenvolupament de la maquinària per a la millora de la producció i les construccions metàl·liques. Seves són realitzacions tan fonamentals per a la història de l'arquitectura del ferro com el Mercat del Born (1875) i el de Sant Antoni (1882) de Barcelona.



## 2.3. Formigó armat

- Antecedents històrics

El primer formigó de la història va utilitzar al 500 a. C. Els grecs barrejaven la calcària calcinada, amb aigua i sorra, afegint trossos de pedres i teules trencades. Posteriorment dels grecs, els romans també fan ús del formigó semblant, anomenat Opus Caementicum, i el qual estava format per trossos de pedra, calç viva i sorra.

Observant que aquest tipus de material no resistia molt bé les accions de l'aigua, van descobrir que si afegien un tipus de sorra, originària de roques volcàniques, la barreja obtenia uns resultats més òptims, pel que fa a la resistència i durabilitat vers l'acció de l'aigua. Aquest tipus de sorra volcànica, anomenada putzolana, conté òxid d'alúmina i sílice, i que al reaccionar amb d'hidròxid de calç, forma silicats i aluminats càlcics, que no són solubles amb l'aigua i, per tant, a diferència dels carbonats càlcics, poden endurir-se en la seva presència, d'aquesta manera van inventar el morter hidràulic.

Van crear, doncs, el que es deia formigó hidràulic, fet amb calç, el qual enduria sota l'aigua, i s'utilitzava per fer canalitzacions, fonament de ponts, etc.

Existeixen evidències que els romans havien fet un intent per reforçar les construccions amb barres de bronze, però no van tenir èxit, patien esquerdes i pèrdua de material. Aquest fet comportava que les estructures fossin molt robustes, cosa que els va portar a rebaixar el pes d'aquestes, afegint material alleugerant en el formigó, com trossos d'àmfores, gerres, etc.

Amb la desaparició de l'Imperi Romà, es perden moltes de les tècniques constructives que aquest, i els grecs, havien estat implantant en les seves obres. D'aquesta manera, l'ús d'aquest material durant el transcurs de la Baixa Edat Mitjana i les següents èpoques, és quasi bé nul. Els pocs intents que es fan, són de baixa qualitat, a causa d'una pèssima calcinació de la calç.

No hi han avenços tècnics, hi ha una baixa qualitat tècnica, fets que comporten a acabar amb la fabricació i ús del ciment. No és fins ben entrat el segle XVIII, quan es comença altra vegada, amb la inquietud d'investigar, i provar de millorar les tècniques existents, i crear-ne de noves.

- Un nou material a la construcció. Segle XIX

El formigó neix com a nou material amb la construcció del Far de Edystone, per John Smeaton. L'encàrrec li planteja una sèrie de qüestions, per tal de poder projectar una construcció durable, que resistís la força i l'agressió de l'aigua del mar i l'aire; aquestes qüestions el van portar a adoptar la solució de construir-lo de pedra unida amb morter fet per calç calcinada, formant una construcció monolítica, capaç de suportar les inclemències del temps.

Durant els següents anys, es treballa sobre molt tipus de ciments hidràulics, millorant la qualitat dels morters, i és un punt de partida per el desenvolupament del formigó. Al 1824, Joseph Aspdin, constructor anglès, aconsegueix la primera patent del ciment Portland, anomenat d'aquesta manera per el color de les pedres.

S'entra en una etapa d'experimentació amb el formigó, al 1845 apareix la formació del clinker. Durant un gran període de temps el formigó s'usa per decoració, i acabats, sense ferro, ni malles de ferro. 1961, Monier, experimenta amb la creació d'un gerro fet de formigó, i l'esquelet és de malla de filferro. A principis de segle XX, apareix el forn rotatori per la calcinació, i el molí tubular, per la molta dels materials, això ajuda a que el ciment es pugui industrialitzar.

Comencen a sorgir les primeres patents de formigó armat, per part de Hennebique i Monier, i, també es comencen a establir determinades normes per la creació de diferents elements estructurals. Es comença a investigar de manera científica. Al 1905, apareix la primera American Concrete Institute.

L'Institut Austríac del Formigó, és el primer en realitzar assajos comparatius, a partir dels resultats obtinguts, al 1908, es redacten les “Especificacions per la construcció d'obres de formigó armat”. Al 1920, Le Corbusier, crea el model de la Casa Do-mino, la qual està formada per pilars de formigó armat i forjat, desvinculant totalment la relació entre l'estructura i la distribució de la casa.

Frank Lloyd Wright, construeix al 1929 el primer gratacels de formigó armat. A mitjans de s. XX, es comença a tenir la necessitat de tipificar sistemes, marcar pautes, i establir normes, sistemes d'industrialització i productes. Es va treballant sobre el formigó, i cada vegada, es va aconseguint crear estructures més esveltes.

Al 1960 s'incorporen fibres al formigó, anomenant-lo formigó reforçat. S'incorporen en el moment de l'amasada, augmentant les capacitats de flexió del material, i aportant un augment de les qualitats de flexió, tracció i impacte. Apareixen els additius al 1970, la incorporació de monòmers en el formigó, permet transformar-lo en un material altament resistent.

A mida que passen els anys, es va millorant la resistència, el comportament, no només amb el material en si, sinó també augmenta la quantitat d'estructures que s'arriben a construir amb aquest material compost (formigó armat).



- El formigó

És un material resultant de la barreja de ciment artificial, habitualment Portland, o un altre conglomerant, amb àrids (grava i sorra) i aigua. La barreja de ciment i sorra s'anomena morter. Pel que fa a la pasta formada, és gràcies a l'aigua, ja que permet les reaccions químiques entre aquest dos productes.

El formigó resisteix esforços a compressió, però a flexió i a tracció no, per aquest motiu s'afegeixen les barres corrugades d'acer, per tal d'aportar millores en el seu comportament. Les corrugues de l'acer permeten una bona adherència entre l'acer i el formigó, fent que el seu treball en conjunt sigui òptim.

Hi ha diferents tipologies de formigó:

1. Formigó Ordinari: és el material obtingut en barrejar ciment Portland, aigua i àrids de diverses mides, superiors i inferiors a 5 mm (grava i sorra).
2. Formigó en Masa: és el formigó que no té en el seu interior armat d'acer. Tan sols és apte per resistir esforços de compressió.
3. Formigó Armat: és el formigó que en el seu interior té armat d'acer, degudament calculat i situat. Resisteix esforços de compressió i de tracció.
4. Formigó Pre-tesat: és el formigó que té un armadura d'acer especial sotmesa a tracció. Pot ser tesat abans de col·locar el formigó fresc.
5. Formigó Pos-tesat: és el formigó que en el seu interior té una armadura d'acer especial, s'ha tesat quan el formigó ha adquirit la seva resistència.
6. Formigó ciclopi: és el formigó que té embeguts grans pedres de dimensions no inferiors a 30 cm.
7. Formigó sense fins: és el formigó que no té sorra (àrids inferiors a 5 mm.), tan sols té grava (àrid gros).
8. Formigó airejat o cel·lular; s'obté incorporant aire a la barreja, i altres gasos derivats de reaccions químiques, creant un formigó de baixa densitat.
9. Formigó d'alta densitat; formigó fabricat amb àrids de densitats superiors als habituals. S'utilitza per blindar estructures i protegir de les radiacions.

El formigó pot anar acompanyat d'additius o es poden afegir adicions; aquest components poden ser afegits sempre que no alterin les característiques de resistència del formigó, ni posin en perill la durabilitat del formigó, ni la possible corrosió de l'armat de l'estructura. Les adicions són materials inorgànics que s'afegeixen, molts, a la barreja del formigó en el moment de la fabricació. Els additius, substàncies o productes, es poden afegir en el formigó abans o durant la pastada, proporcionant al formigó canvis en les seves característiques o comportament.

## 2.4. Ceràmica Armada

- Introducció

Per poder comprendre en tota la seva totalitat el que comporta una estructura de ceràmica armada, és imprescindible basar-nos en la figura d'Eladio Dieste, creador d'aquesta tècnica. Dieste pren el maó com a element principal i el porta a la seva màxima lleugeresa en la creació de superfícies corbes, donant com a resultat construccions amb voltes realitzades amb maó, armadura d'acer i un mínim de formigó. La base d'aquestes superfícies és el disseny, tractant-se d'estructures capaços de resistir les sol·licitacions que s'exerceixen sobre elles mateixes gràcies a la seva forma i no a la seva massa, el que comporta un requeriment de materials menor.

- El mètode d'Eladio Dieste

El mètode d'anàlisi que Eladio descriu en les seves realitzacions brilla per la seva senzillesa. En primer lloc, suposa un arc la qual tingui una directriu que sigui funicular del pes propi i de les càrregues fixes, de secció constant o variable. Així doncs, l'aparició de flexions es deurà a altres càrregues diferents de les fixes, que produiran moments i esforços tallants. Aquestes càrregues poden ser degudes al vent, a la neu o càrregues puntuals de la coberta. La realitat final és un escenari de voltes ceràmiques de doble curvatura intel·ligentment dissenyades amb la rigidesa justa i suficient per a oferir solucions competents amb les solucions amb acer laminat.

Aquest mètode trenca amb tota lògica constructiva aplicada fins al moment. La col·locació tradicional dels maons, mantenint un determinat aparell en l'obra de fàbrica, desapareix totalment en l'arquitectura de Dieste, ja que de forma reflexiva, aquest afegeix un nou component, l'acer, en barres o filferros, que incorpora de forma regular i homogènia en el conjunt de la fàbrica.

Per a això, Dieste disposa en totes les seves obres peces sense aparellar, el que genera una retícula bidireccional entre les peces, on poder ubicar els filferros o barres d'acer, entreteixint la fàbrica en tot el seu conjunt amb un material dúctil, en comptes de travar les seves peces. D'aquesta manera, Dieste permet crear el que ell anomena "Ceràmica estructural", on varia la proporció de l'armat en funció de la ductilitat conjunta que vulgui generar en la fàbrica o de les necessitats tensionals locals que es requereixin per als atirantats o postensats, segons la tipologia estructural.



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Memòria Ceràmica armada

14

- Els principis de la ceràmica armada segons Dieste
  1. La seva elevada resistència mecànica. Hi ha maons econòmicament accessibles que arriben a una resistència de 1.500 kg/cm2, superant resistències dels millors formigons.
  2. La seva lleugeresa es manté a l'hora de construir peces de dimensions comparables a les usuals de formigó armat o ferrociment.
  3. El maó té un mòdul d'elasticitat inferior al formigó, sent així un avantatge y no un inconvenient, perquè dóna a l'estructura una major adaptabilitat a les deformacions.
  4. Bon envelliment. Amb un mínim de cura, l'estructura envelleix millor que les estructures de formigó i resisteix també millor als canvis bruscos de temperatura.
  5. Les reparacions, canvis o agregats es noten menys en aquest tipus d'estructura que en una estructura de formigó.
  6. Bon comportament acústic per la facilitat amb la que es fan en maons, formes acústicament convenients.
  7. Capacitat de regulació "natural" de la humitat ambient.
  8. La superfície, comparada amb la del formigó, irradia menys calor a l'estiu i ens atorga més a l'hivern.
  9. Amb les actuals tècniques de fabricació i amb una racionalització global de la indústria, es pot obtenir un preu per metre cúbic de material fabricat no comparable amb un material de qualitat semblant.

L'avantatge de la ceràmica estructural davant del formigó armat és que en existir poc morter de farciment en la retícula de les juntes, es disminueix molt el temps del "tirat", podent desencofrar només en 14 hores, agilitzant el procés constructiu i incidint en l'economia global de l'edificació en qüestió.

• Aplicació constructiva

Dieste és l'inventor de les que denomina "Bóvedas Gausas". Les seves formes geomètriques, característiques estructurals y tècnica constructiva, exposa àmpliament en les seves publicacions. L'economia dels materials respon al fet de crear la forma seguint la directriu del pes propi. Les característiques principals d'aquestes voltes són:

- 1. La combinació maó-morter-ferro es comporta com una unitat estructuralment viable. És el principi que fa viable tota estructura de ceràmica armada.
- 2. Triem como a directriu la catenària, després el pes produeix compressió simple, la qual fa capaç a l'estructura resistir flexions.
- 3. Les tensions de compressió degudes al pes propi són independents de la secció, ja que al força directa és proporcional al pes per unitat de desenvolupament, és a dir, a la secció. Aquestes tensions són relativament baixes: en una volta amb 100 metres de llum i 10 metres de fletxa de compressió és de 27kg/cm2 suposant un pes específic mitjà de 2 tones/m3.
- 4. L'armadura mínima assegura que una important longitud de la closca reacciona como una unitat elàstica davant les càrregues concentrades.
- 5. Tenint en compte que l'únic material a endurir és el de les juntes i que el morter pren ràpidament la resistència convenient, s'intueix que per desencostrar la volta no cal esperar a l'enduriment total de morter.
- 6. Disposant d'una làmina de doble curvatura, s'obté una gran rigidesa mitjançant l'ondulació de la volta. Les parts on el morter no ha acabat d'endurir, que són les juntes, representen un percentatge molt petit respecte a la totalitat de la construcció, sent un ordre del 2%.

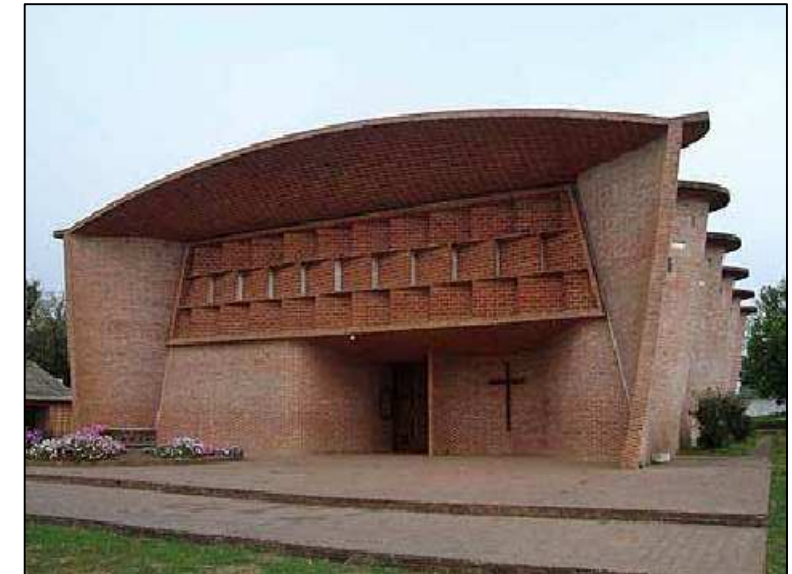


- Eladio Dieste: les obres més importants

1. Església Atlàntida.

Una de les obres més conegudes internacionalment. En un reportatge Dieste relatava: *"Traté de evitar una solución de continuidad entre los fieles y el presbiterio, y busqué integrarlos en un ámbito común, aunque el presbiterio tuviera una especie de densidad mayor, desde el punto de vista religioso. Me exigió también mucho esfuerzo, resolver la entrada de la iglesia. La solución, es consecuencia del sistema estructural repetitivo, necesario para mantenerse dentro del ajustado presupuesto el edificio. Interiormente, resolví el problema tratando de jerarquizar el fondo del presbitario con un tipo de muro que desdibujara el corte brusco del espacio. La iglesia de la Atlántida fue mi Facultad de Arquitectura."*

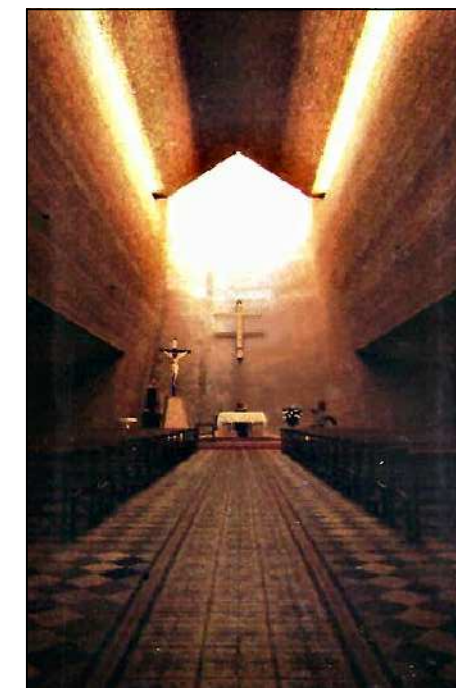
Ubicació: Estació Atlántida Ruta 11 Km. 164, Departament de Canelones.  
Data de construcció: Març 1958 - Juliol 1960.



2. Església Sant Pere.

Es va tractar de la reconstrucció del temple sobre les restes de l'antiga església, assolits per un incendi el 1967. Stanford Anderson, professor d'Arquitectura del "Massachusetts Institute of Technology" i un dels principals promotors internacionals de l'obra de Dieste, la va definir com *"un èxit a nivell mundial"*. És un clar exemple de la tècnica de Dieste, per les seves grans estructures sense columnes i l'ús de la ceràmica. En una carta a l'arquitecta Maria Bottéro, el 1971, Dieste diu: *"las naves laterales no tienen columnas, los fieles pueden seguir las ceremonias sin obstáculos. Hay una gran unidad espacial entre la nave y el presbitario. Los bancos irán solamente en la nave central, las naves laterales se llenarán de fieles de pie, solamente en grandes ceremonias como Navidad o Semana Santa"*.

Ubicació: Batlle y Ordóñez 622. Durazno.  
Data de construcció: Enero 1969 - Mayo 1971.



- Eladio Dieste: les obres més importants

3. Montevideo Shopping Center.

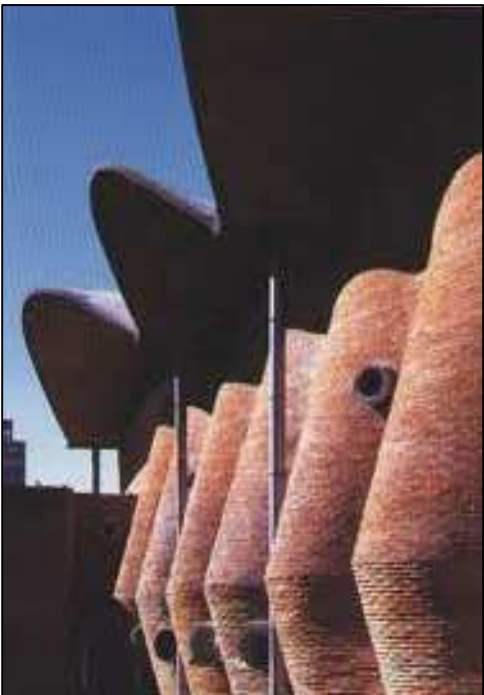
El primer centre comercial de l'Uruguai. D'acord a la memòria d'obra, es tracta d'un conjunt de voltes de canó corregut i de doble corvatura. Les parets ondulades són utilitzades estructuralment transformant-les en una sèrie de dobles mènsules precomprimit, ancorant a l'entrepís, que funciona com un gran tensor. Recentment, per qüestions de creixement del centre comercial, s'ha construït una ampliació que cobreix part de l'exterior característic del projecte de Dieste i Gómez Platero, tot i que, com diu Dieste *"los muros ondulados no solamente cumplen una funcion estructural, sino que además generan un movimiento de luz y sombra que rompe la monotonía que supondría un muro recto de tales dimensiones"*.

Ubicació: Luis Alberto de Herrera 1380, Montevideo.  
Data de construcció: 1984 - 1988.

4. Estació d'autobús.

Actualment terminal de l'empresa Agència Central. La construcció inclou un conjunt de voltes autoportants recolzades en una línia de pilars de formigó armat. L'espai cobert, 900 m2, està format per 5 voltes autoportants de directriu catenària, precomprimit, de 6 metres de llum transversal. Les voltes recolzades en una sola línia de pilars de formigó armat volen a cada costat del pilar 15 metres. Les voltes autoportants estan construïdes de maó de fàbrica (12 x 25 x 5) armat i unit amb morter de sorra i pòrtland i una capa de morter sobre la superfície, pintada de blanc per reflectir la radiació solar. A la terminació de l'edifici no es van prendre en compte alguns detalls que hagin preservat la qualitat de l'espai com s'havia pensat en el projecte.

Ubicació: Cerrito 66 i Avinguda Uruguay, Salto.  
Data de construcció: Abril 1980 - Agost 1980.





- Eladio Dieste: les obres més importants

5. Església de Malvín.

El projecte incloïa la reforma de la Casa Parroquial i la construcció d'un nou temple. Durant tres anys es va intentar tirar endavant el projecte sense pressupost. Al llarg de gairebé tres anys d'obra, amb un escàs pressupost que va fer fracassar l'execució del Temple, es va construir primer part de la torre del presbiteri i després la Casa Parroquial, el sostre és un conjunt de cinc voltes iguals, de canó corregut, que arriben calades al fil de la façana alleujant l'impacte visual sobre les construccions veïnes i donant suport a una ombra vegetal. Actualment es conserva una alta construcció de maons, símbol del que va poder ser.

Ubicació: Michigan 1629, Malvín. Montevideo.  
Data de construcció: Juny 1965 - Agost 1968.



6. Central Ilanera uruguaiana.

Es tracta d'un conjunt de tres naus amb voltes de maó buit armat, de doble curvatura i una andana cobert amb lloses planes també de maó, originalment construït per a dipòsit de recollida i classificació de llanes. Avui pertany a "CONAPROLE" i està destinat a dipòsit d'embalatges i de productes làctics secs. Diu la memòria de l'obra *"El techo de la bóveda está apoyado en una estructura de vigas y pilares de hormigón armado y las fundaciones son con pilotes perforados llenados en el sitio. Las bóvedas de las naves de 40 metros tienen una altura libre de 9 metros y las bóvedas de la nave de 20 metros, 4,5 metros. Todos los pilares están separados 6 metros entre sí, salvo cinco pilares ubicados entre la clasificación y el depósito de fardos terminados, que están separados 12 metros para facilitar el tránsito de los auto-elevadores"*.

Ubicació: Camí de les Tropas 1969 y Camí Lecoq. Montevideo.  
Data de construcció: Juny 1980 - Desembre 1982.



- Eladio Dieste: les obres més importants

7. Domingo Massaro S.A.

Actualment pertany a l'empresa "Hyro Agri" decidida a la producció, embalatge i distribució de fertilitzants. És un edifici conformat per un conjunt de voltes autoportants de directriu catenària, precomprimit, sense bigues i amb molt pocs pilars. El sostre, de grans dimensions, genera un espai de gran sensibilitat, molt esvelt, que es dibuixa en una successió ondulant de formes atenuades o ressaltades, segons la direcció de la llum. El local principal va ser reformat per adaptar-lo al maneig de materials i se li va adossar, a la façana nord, un edifici d'estructura metàl·lica on es barreja i es prepara el fertilitzant.

Ubicació: Ruta 5 Km. 37.500 Juanicó. Canelones.  
Data de construcció: Setembre 1976 - Gener 1978 i Juliol 1979 - Març 1980.



8. Tem S.A.

Originalment una tradicional fàbrica d'electrodomèstics uruguaiana, actualment és un dipòsit de la multinacional "Unilever S.A." Es tracta de dues naus amb sostre amb voltes de doble curvatura amb llurnes de maons buits armats, recolzades en una estructura de formigó armat amb els pilars interiors separats 12,5 metres entre si. Diu la memòria de l'obra: *"Las paredes son portantes, de ladrillo armado y con ventanas en la parte superior contra la viga del borde. La iluminación está lograda por un corte transversal en cada bóveda cerrado por vidrios apoyados en una serie de parantes metálicos, con una orientación sudeste que deja pasar una luz suave, de intensidad suficiente"*.

Ubicació: Camí Carrasco, 5975. Montevideo.  
Data de construcció: Setembre 1960 - Març 1962.





- Eladio Dieste: les obres més importants

9. Depòsit Julio Herrera y Obes

Es tracta d'un antic dipòsit del segle XIX incendiat, que Dieste va preservar en les seves dimensions originals, reciclant les parets i sostre els 4.200 metres quadrats de la seva superfície amb voltes de doble corvatura de maons buits armats. En una entrevista realitzada pel Servei de Premsa i Comunicació de la Intendència Municipal de Montevideo, Dieste deia sobre aquesta obra: *"Era una estructura muy degradada pero pese a todo se podía ver detrás la degradación, una cosa muy noble en el fondo. La mampostería primitiva fue conservada, empastillada, pero consevada tal cual."*

Ubicació: Rambla 25 de Agosto y Zabala, recinto portuario. Montevideo.  
Data de construcció: Octubre 1977 - Maig 1979.



10. Casa Dieste

Aquesta casa, habitatge del seu autor, està en un terreny de 12 x 50 metres orientat en direcció N. NO.-S. ES. La solució buscada a la planta va tenir en compte diverses intencions principals que es poden enumerar d'aquesta manera:

1. Donar a la casa bones vistes cap al mar.
2. Fer-ho, però, guardant la seva intimitat i recolliment.
3. Orientar bé, en la mesura possible, totes les habitacions: al nord i al nord-est.
4. Multiplicar els llocs d'estar per donar als seus habitants varietat de possibilitats de relacionar-se i alhora tenir el grau d'independència que poguessin desitjar en algun moment.
5. Buscar que els ambients donin a espais exteriors que els perllonguin, de manera que es tingui una sensació d'amplitud i noblesa.

10. Casa Dieste

- 6. Profunditzar en que sigui ric el paisatge humà, és a dir, que els uns als altres es vegin en els diferents ambients.
- 7. Ús de finestres petites i no grans finestrals. D'aquesta manera s'aconsegueix la sensació d'abric que dona i ha de donar una casa.
- 8. Ús de formes naturals de condicionament: els ràfecs, les enfiladisses de fulla caduca i els arbres. S'ha construït una pèrgola al nord, coberta de enfiladisses de fulla caduca que donen ombra a l'estiu i deixen passar el sol a l'hivern.
- 9. Els jocs de nivells als quals es va anar arribant per raons funcionals es van acceptar i es van fixar com a mitjà expressiu. D'aquesta manera, es compleix un dels principis de Dieste: la sorpresa en els edificis jugant amb els nivells.
- 10. Pel que fa a l'estructura, tota la construcció és de maó. A l'exterior, el maó es va deixar vist i a l'interior es va pintar amb blanc de calç, deixant-lo vist en les voltes. Els murs són una mica més amples que lo normal (40 o 50 cm segons els casos). Aquests amples permetre allotjar en l'espessor les cortines de enrotllar i aprofitar-los per biblioteques o armaris.

Les voltes són autoportants de ceràmica. Les parts planes de la coberta es van usar com bigues horitzontals que resistien les empentes de la volta. Entre les filades de maons es deixava l'armadura necessària perquè la volta pogués treballar com autoportant. Després es va fer una capa de morter de sorra i pòrtland amb una malla per a control de petites fissures de temperatura o retracció del forjat.

Ubicació: Mar Antártico 1227, Punta Gorda. Montevideo.  
Data de construcció: Octubre 1961 - Abril 1963.





## 2.5. Cronologia de les obres analitzades

- 1876 - Acer. Mercat del Born. *Josep Maria Cornet i Mas*.  
1880 - Ceràmica. Teatre la Massa. *Guastavino*.  
1882 - Acer. Mercat de Sant Antoni. *Josep Maria Cornet i Mas*.  
1887 - Acer. Mercat de Tortosa. *Joan Torras i Guardiola*.  
1888 - Acer. Palau de la indústria. *Joan Torras i Guardiola*.  
1888 - Acer. Monument a Colom. *Joan Torras i Guardiola*.  
1892 - Acer. Mercat de Gràcia. *Joan Torras i Guardiola*.  
1893 - Ceràmica. Buffalo General Hospital. *Guastavino*.  
1901 - Ceràmica. Fàbrica de ciment. *Guastavino*.  
1901 - Ceràmica. Convent de les germanes Josefines. *Lluís Muncunill*.  
1904 - Ceràmica. Hospital Clínic. *Josep Domenech i Estapà*.  
1904 - Ceràmica. Presó d'audiència. *Josep Domenech i Estapà*.  
1905 - Ceràmica. Edifici Agrupació Regionalista. *Lluís Muncunill*.  
1906 - Ceràmica. National Gallery. *Guastavino*.  
1906 - Ceràmica. Celler Alella Vinícola. *Jeroni Martorell*.  
1906 - Ceràmica. Rodef Sholem Synagogue. *Guastavino*.  
1907 - Ceràmica. Fàbrica Aymerich. *Lluís Muncunill*.  
1907 - Ceràmica. Masia Freixa. *Lluís Muncunill*.  
1907 - Ceràmica. Custom House. *Guastavino*.  
1907 - Ceràmica. Green Point Saving Bank. *Guastavino*.  
1907 - Ceràmica. El Vapor Aymerich. *Lluís Muncunill*.  
1907 - Ceràmica. St. Paul's chapel. *Guastavino*.  
1908 - Ceràmica. Societat General Eléctrica. *Lluís Muncunill*.  
1909 - Ceràmica. Bodegas el águila. *Josep Domenech i Estapà*.  
1911 - Ceràmica. Temple Emanu-el. *Guastavino*.  
1911 - Ceràmica. Quadra del vapor Amat. *Lluís Muncunill*.  
1914 - Ceràmica. Plaça de toros La Monumental. *Domenech Sugranyes*.  
1917 - Ceràmica. Manhattan Municipal Building. *Guastavino*.  
1919 - Acer. Estació de Tarragona. *Joan Torras i Guardiola*.  
1919 - Acer. Estació de França. *Joan Torras i Guardiola*.  
1925 - Ceràmica. Estació Plaça Universitat. *Esteve Terrades*.  
1927 - Formigó. Aqüeducte de Tempul. *Eduardo Torroja*.  
1928 - Acer. Palau de la Llum. *Joan Torras i Guardiola*.  
1929 - Acer. Estació de Portbou. *Joan Torras i Guardiola*.  
1933 - Formigó. Viaducte del Aire. *Eduardo Torroja*.  
1933 - Formigó. Coberta mercat Algecires. *Eduardo Torroja*.  
1934 - Formigó. Coberta hospital clínic. *Eduardo Torroja*.  
1935 - Formigó. Hipòdrom de la Zarzuela. *Eduardo Torroja*.  
1940 - Formigó. Pont del perdut. *Eduardo Torroja*.  
1943 - Formigó. Estadi de les corts. *Eduardo Torroja*.  
1947 - Formigó. Estadi Bernabeu. *Carlos Fernandez Casado*.  
1951 - Formigó. Pabelló de raigs còsmics. *Félix Candela*.  
1951 - Formigó. Fàbrica Fiat. *Carlos Fernandez Casado*.  
1952 - Formigó. Pont de Suert. *Eduardo Torroja*.  
1954 - Formigó. Laboratoris Ciba. *Félix Candela*.  
1954 - Formigó. Les aduanes. *Félix Candela*.  
1956 - Formigó. Església de Sant Antoni dels Horts. *Félix Candela*.  
1957 - Formigó. Metal·lúrgica de Santa Ana. *Carlos Fernandez Casado*.  
1958 - Formigó. Fabrica espanyola de zinc. *Carlos Fernandez Casado*.  
1960 - Ceràmica Armada. Església d'Atlàntida. *Eladio Dieste*.  
1976 - Ceràmica Armada. Barbieri e Leggire. "Sea Gull". *Eladio Dieste*.  
1978 - Formigó. Edificio banco Bilbao Madrid. *Javier Saez de Oiza*.  
1979 - Ceràmica Armada. Torre d'aigua. *Eladio Dieste*.  
1979 - Ceràmica Armada. Depòsit Julio Herrera i Obes. *Eladio Dieste*.  
1980 - Ceràmica Armada. Estació Autobús. *Eladio Dieste*.



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatòria Octubre 2010

Contingut: Memòria Cronologia

23

3. Autors i Obres  
3.1. Ceràmica



# RAFAEL GUASTAVINO



## Rafael Guastavino Expósito

(Barcelona, Espanya 1872 - Bayshore, Long Island, New York, E.U.A. 1950).

Va treballar amb el seu pare des dels quinze anys, rebent una formació *medieval*, és a dir, vivint i treballant amb els seu pare com els aprenents ho felen amb el mestre. Va simultanejar aquesta tasca amb estudis sobre art, arquitectura i estructures, de forma autodidacta. Després va ser el continuador de l'obra en una vessant més científica.

Va idear sistemes de càlcul molt aproximats, per a la realització de les voltes. No va realitzar cap publicació, però sí que va donar algunes conferències.

Es va interessar especialment en el desenvolupament de peces ceràmiques ornamentals i polícromades, destinades a l'intradós vist de les voltes, de manera que no haguessin d'arrebossar-se. De fet, li va tocar viure la decadència del sistema de construcció que havia après i practicat des de nen. Per mantenir l'empresa, va haver d'investigar sobre les possibilitats cromàtiques dels maons i sobretot, va realitzar una investigació capdavantera sobre materials acústics, col·laborant amb el millor especialista de l'època, W.C. Sabine, per exemple, en la peça ceràmica amb propietats acústiques absorbents, anomenada *Akoustolith*. Va desenvolupar la tècnica d'un material lleuger i resistent, el maó granulat de pedra tosca i recobert de ciment, anomenat comercialment *Rumford*. Fruit d'aquestes investigacions, va poder registrar diverses patents: els maons *Rumford*, les peces *Akoustolith*, guix amb propietats fonoabsorbents o el sistema de col·locació de reforços metàl·lics en voltes tabicades, entre d'altres.

Als anys 30, amb l'auge de la construcció de closques primes de formigó va intentar competir amb aquestes.

L'última cúpula tabicada que va construir una cúpula va ser per al planetari Buhl al 1938, encara que des de mitjans dels anys 20 es venien construint amb formigó armat. Ja no era una època per a la construcció tabicada i l'empresa va viure els seus darrers anys dels materials acústics i de construir voltes per als darrers edificis historicistes, la construcció dels quals es va perllongar als EUA fins als anys 1960.



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatòria Octubre 2010

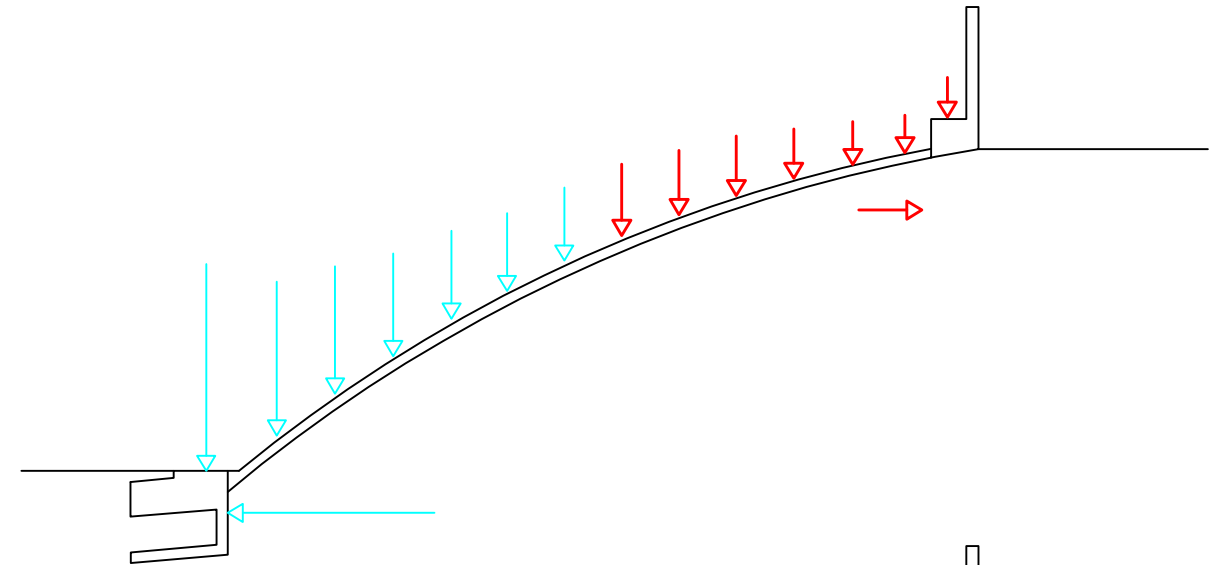
Contingut: Biografia autor

Autor: Rafael Guastavino

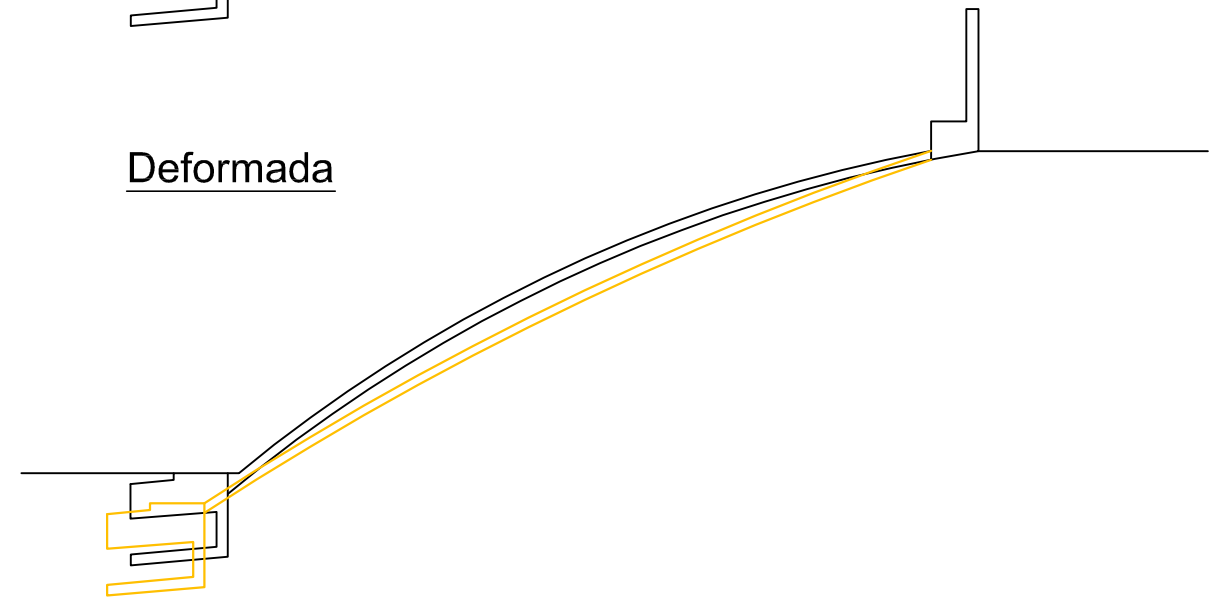
24

# Teatre la Massa

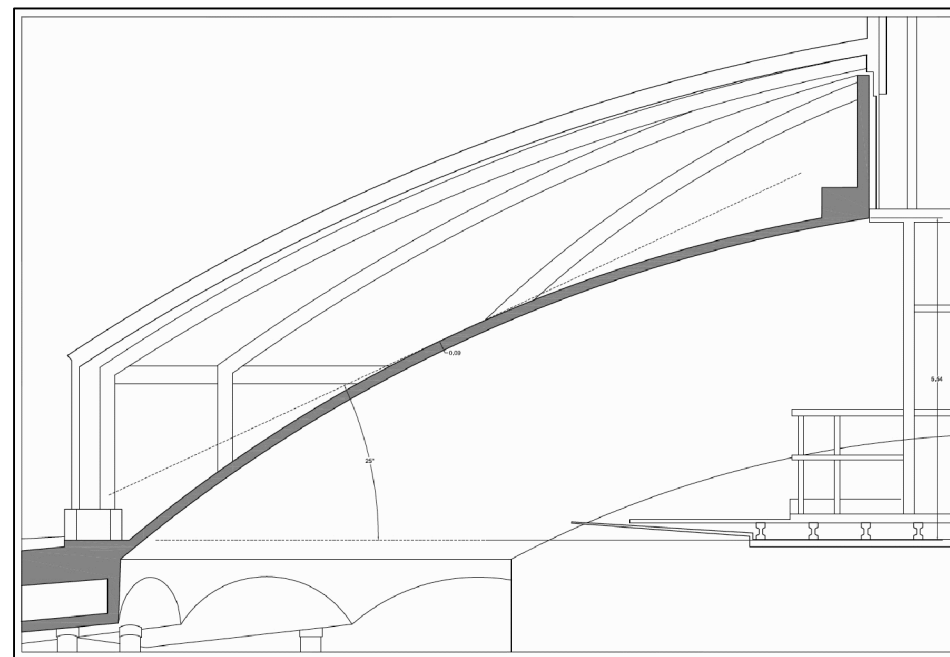
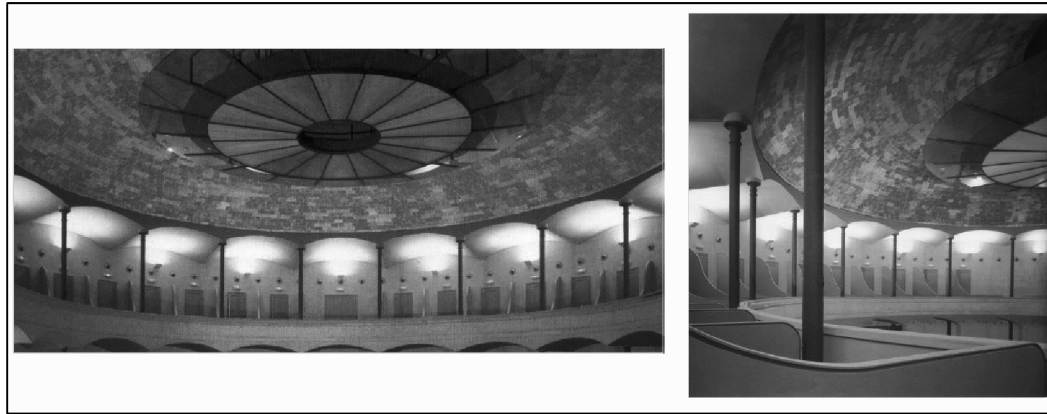
Càrregues gravitatòries



Deformada

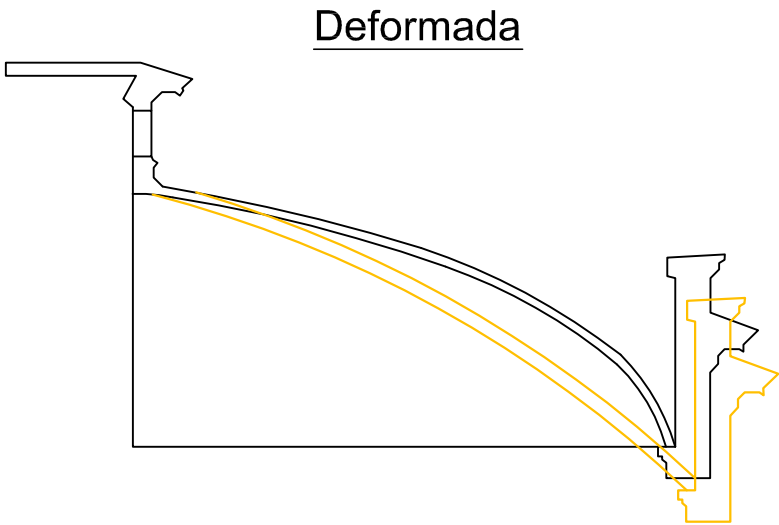
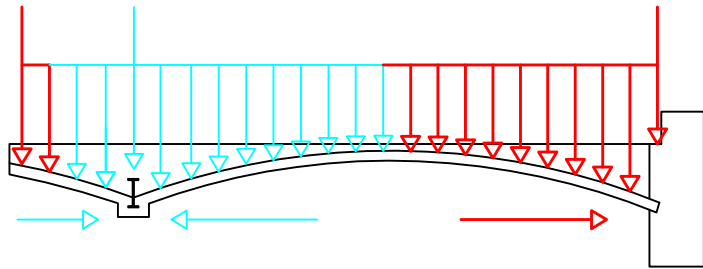
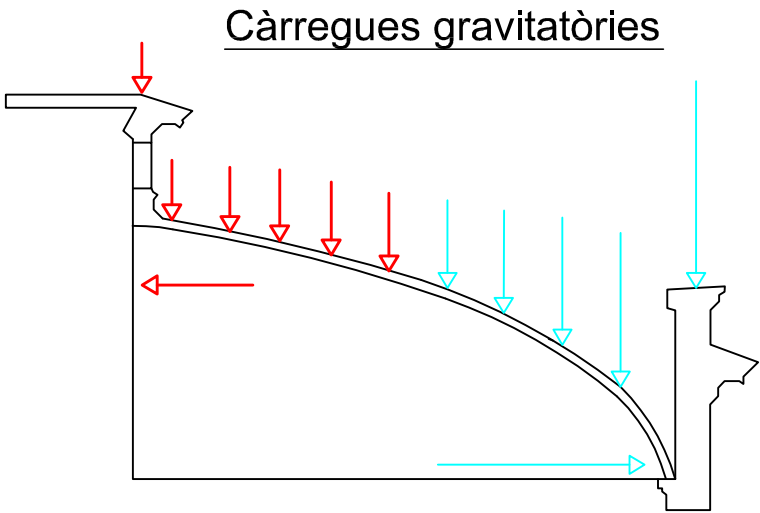
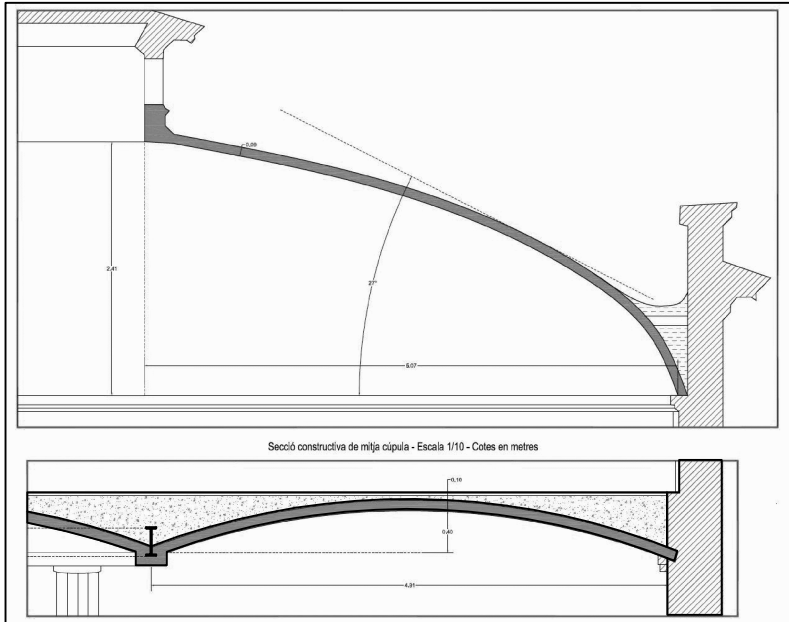
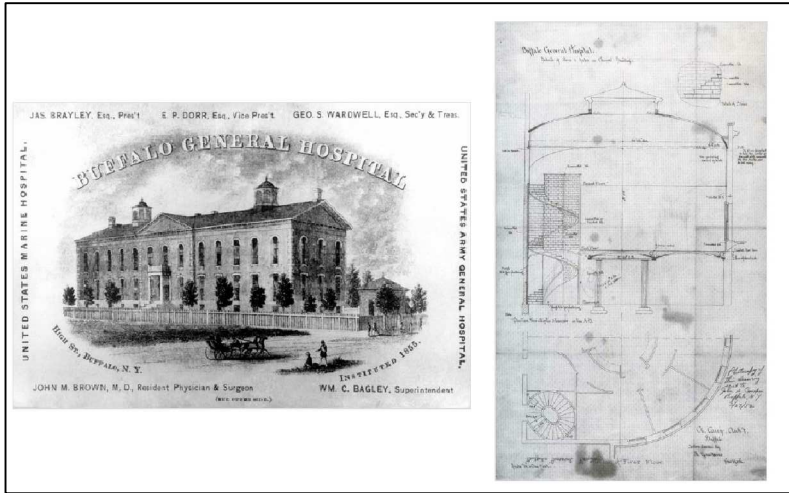



 Càrregues gravitatòries

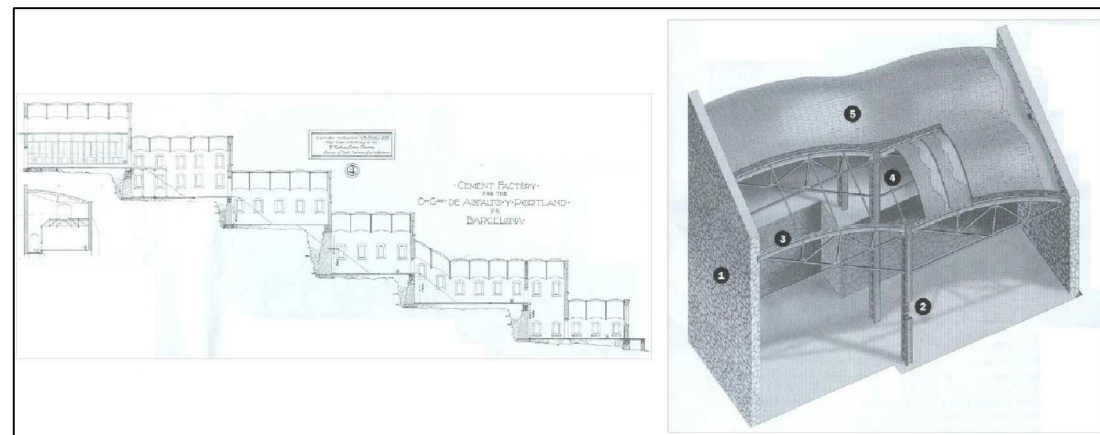




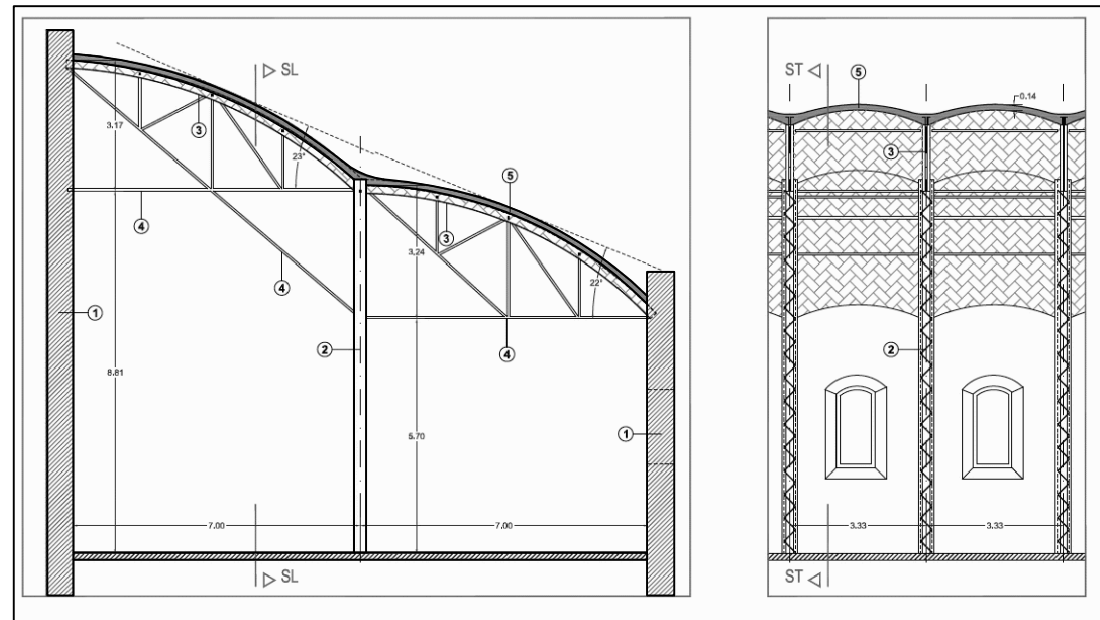
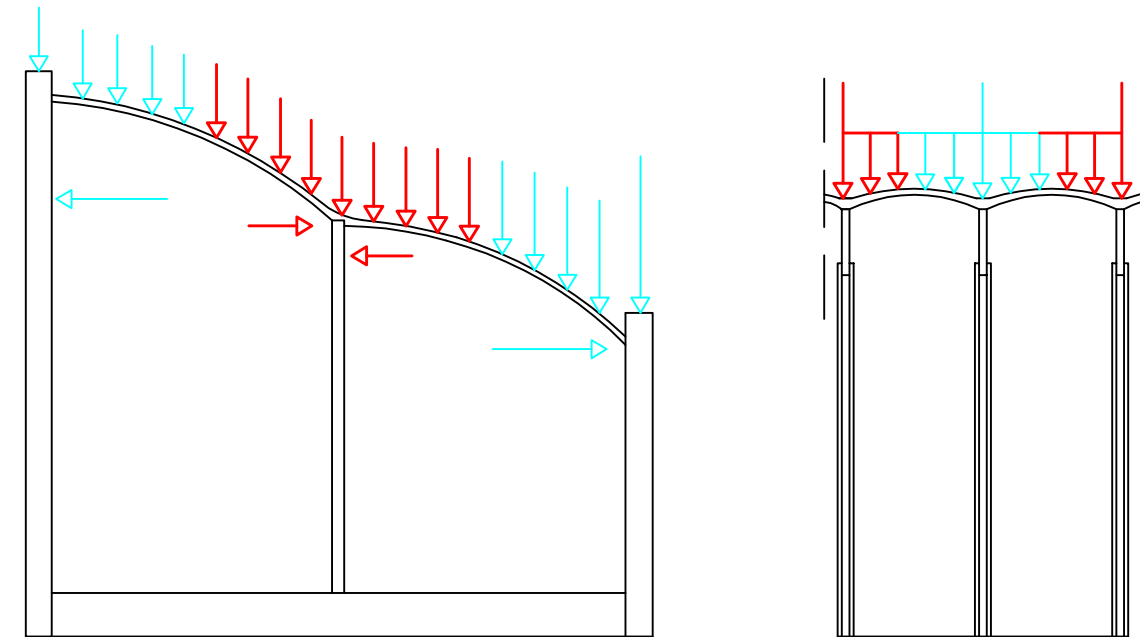
# Buffalo General Hospital



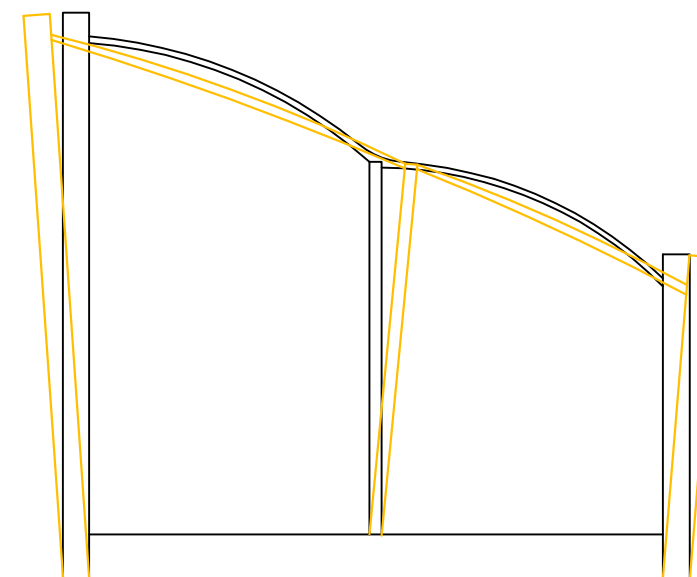
# Fàbrica de ciment



Càrregues gravitatòries

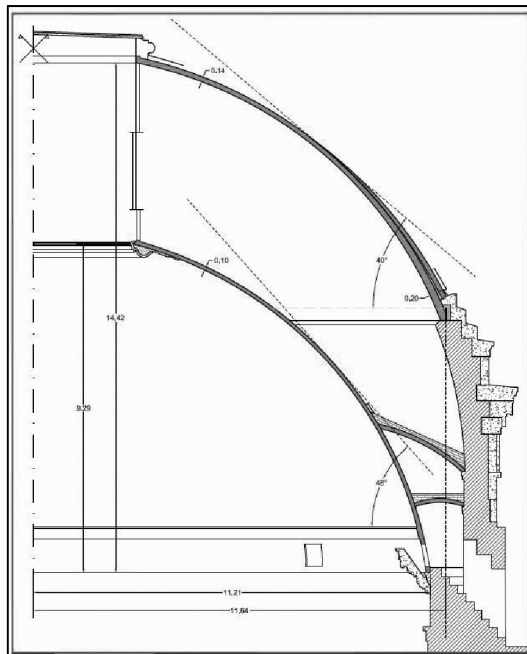
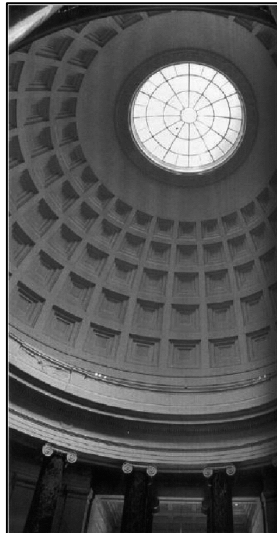


Deformada

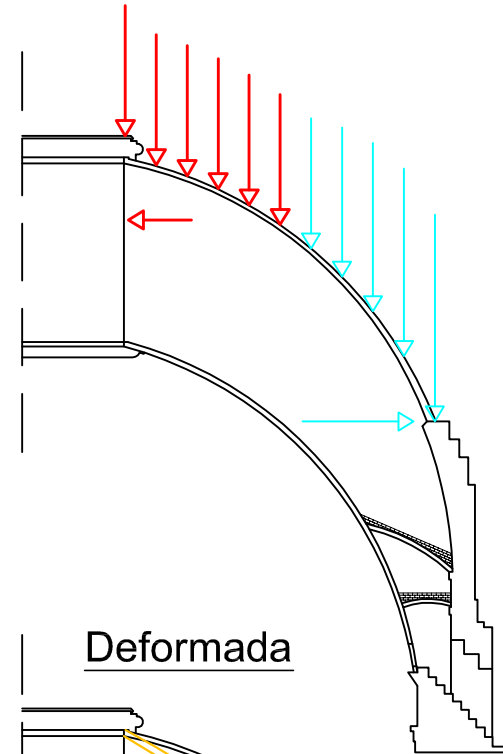


  Càrregues gravitatòries

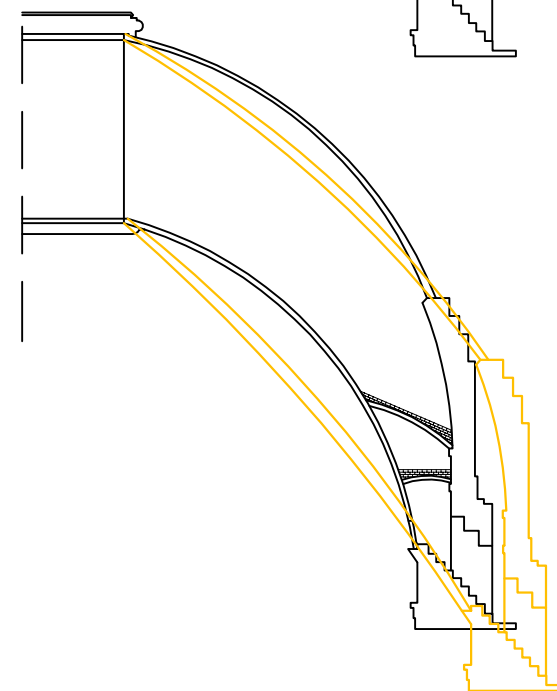
# National Gallery



## Càrregues gravitatòries



## Deformada



↓ ↑ Càrregues gravitatòries



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Deformades per accions verticals

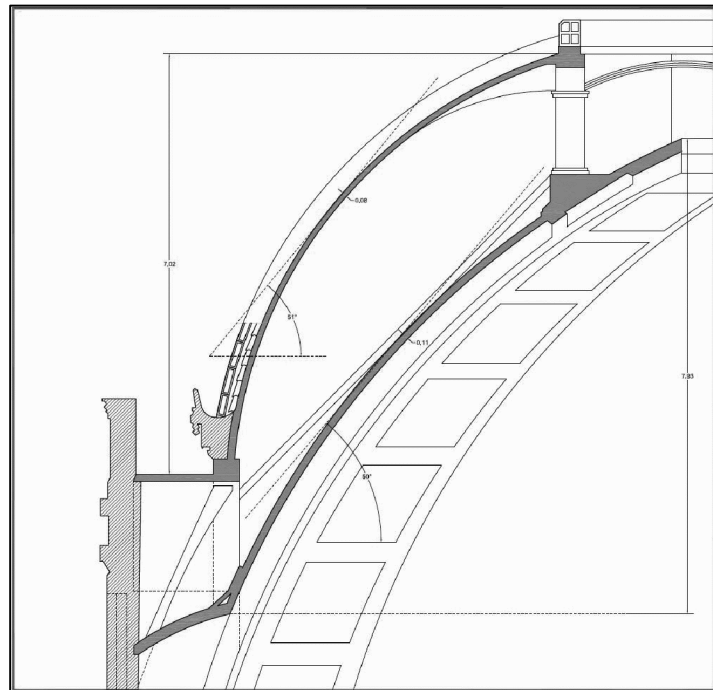
Autor: Guastavino

Obra: National Gallery

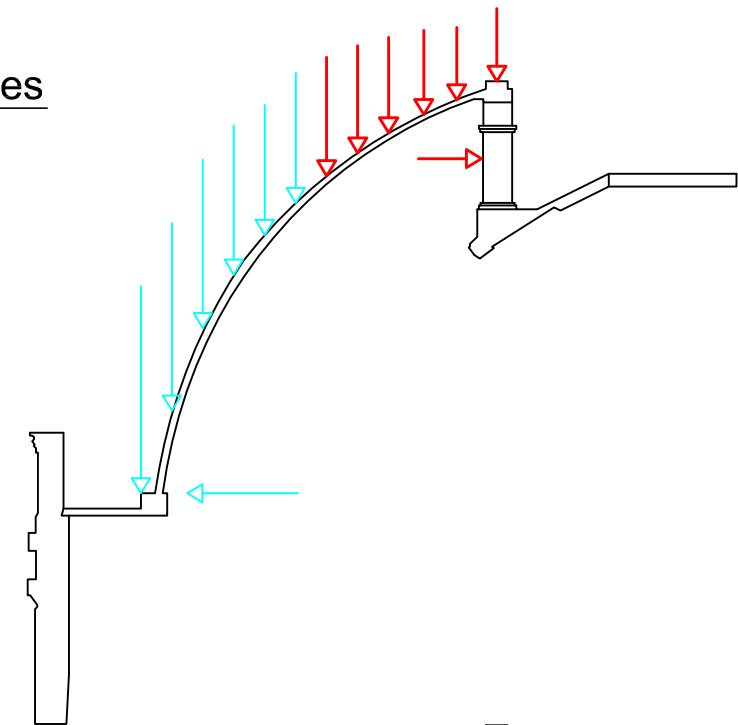
28



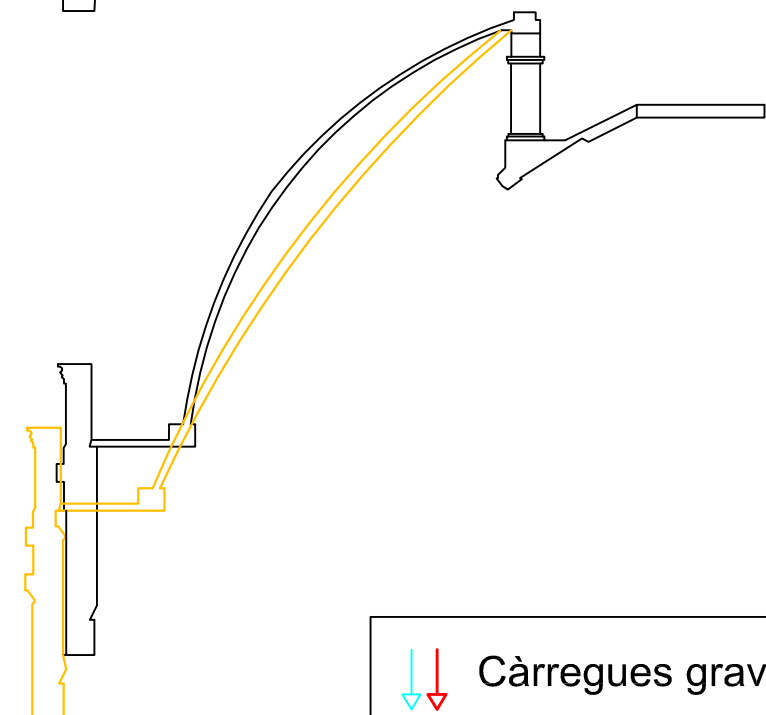
# Rodef Sholem Synagogue



Càrregues gravitatòries

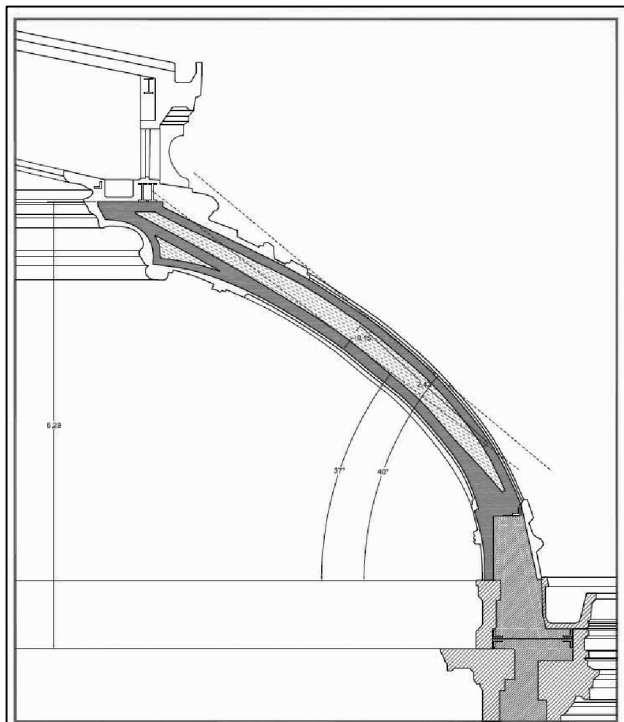


Deformada

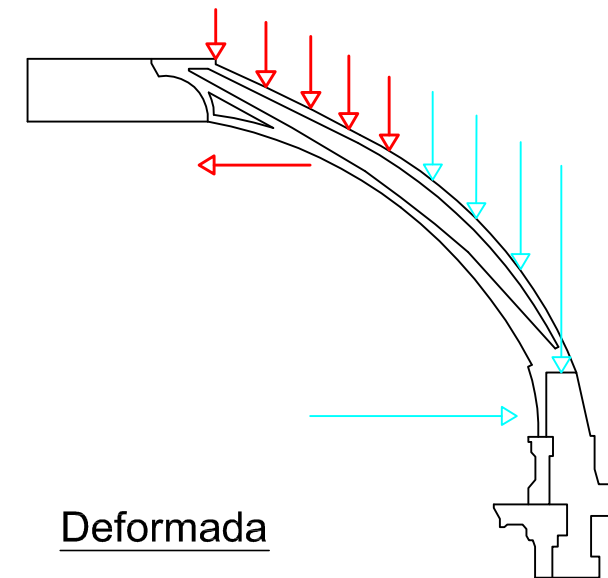


↓ ↑ Càrregues gravitatòries

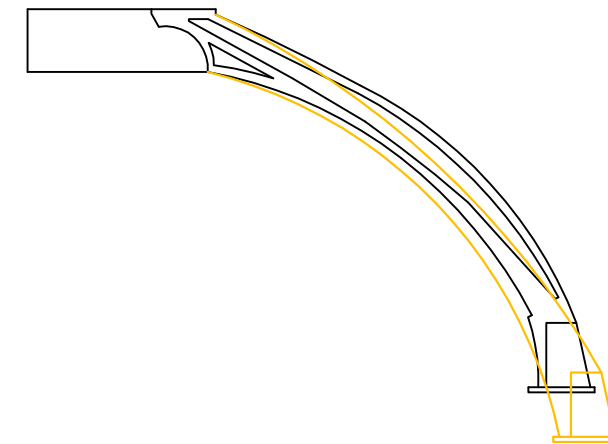
# Custom House



Càrregues gravitatòries

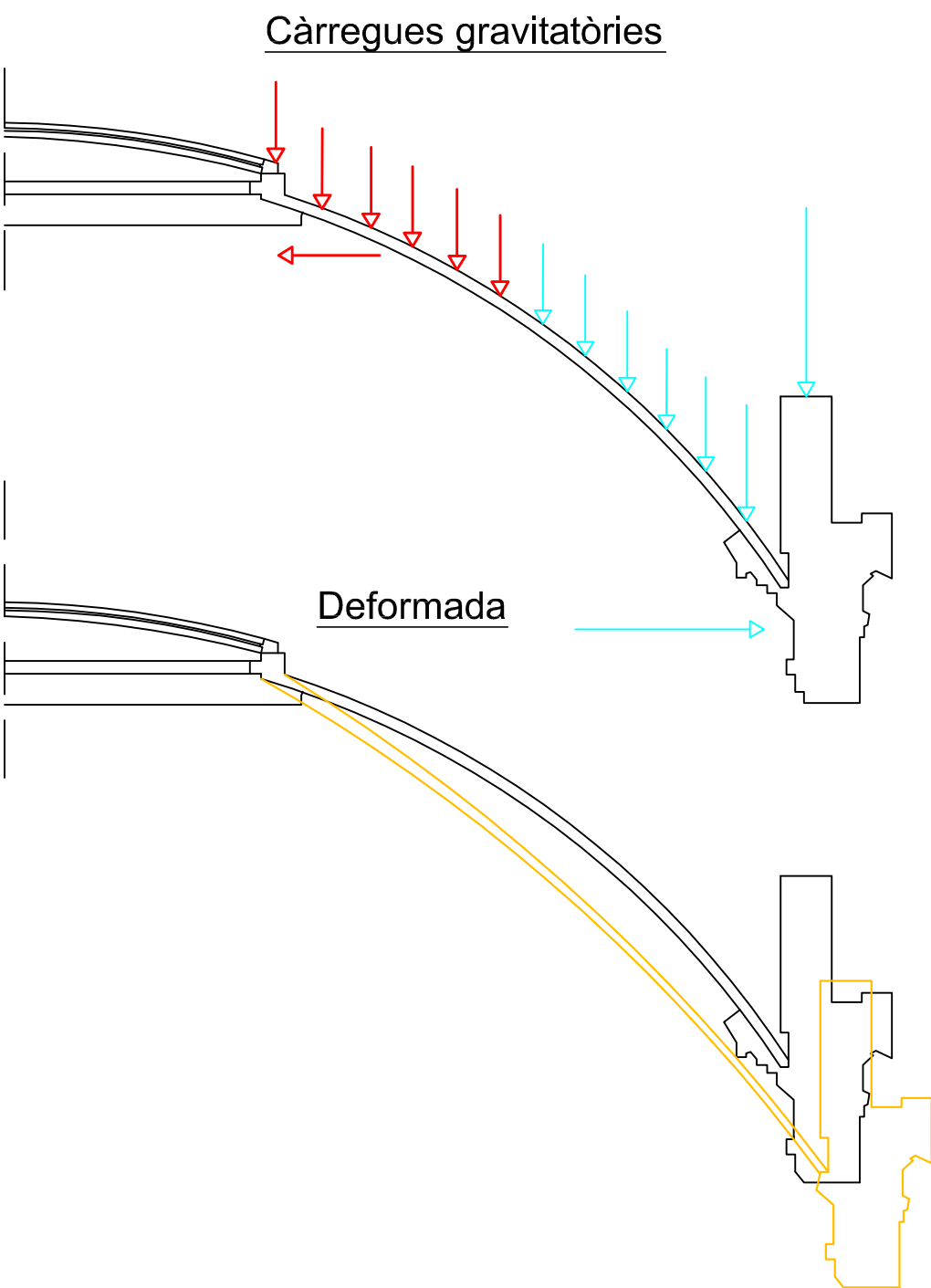
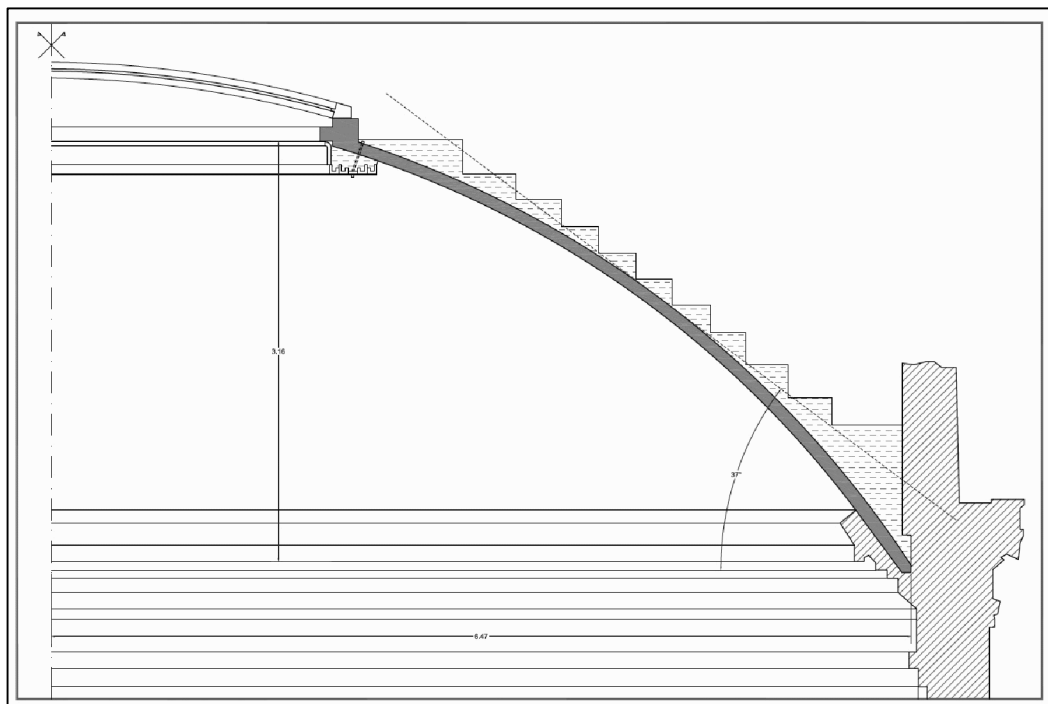


Deformada



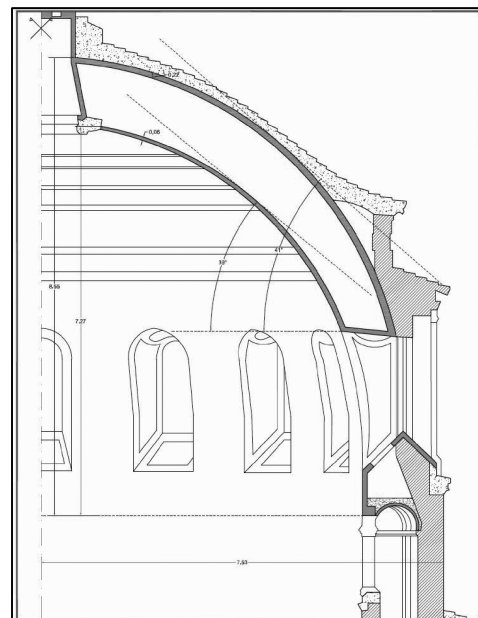
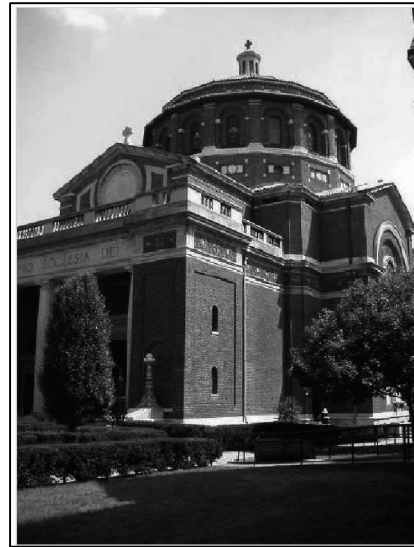
  Càrregues gravitatòries

# Green Point Saving Bank

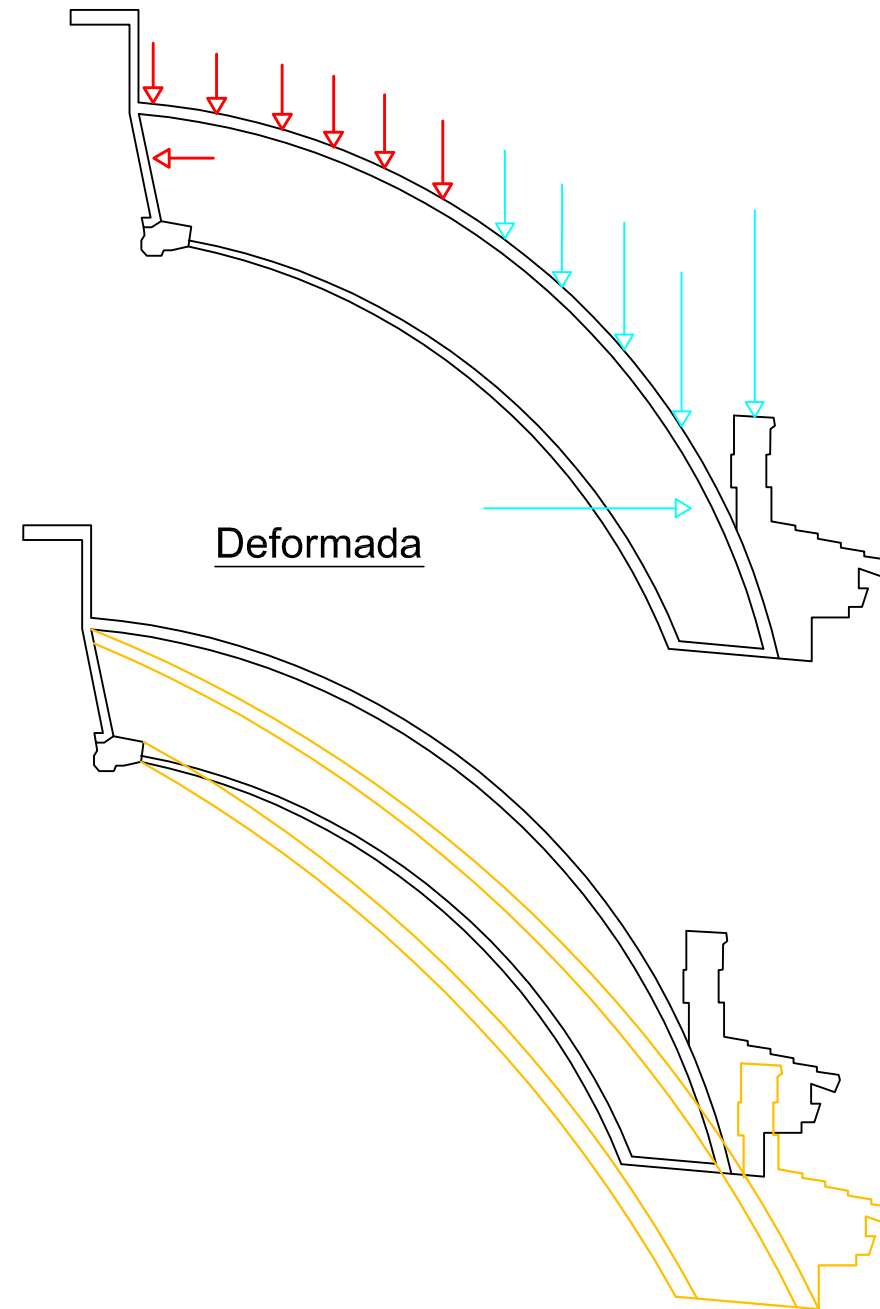


↓ ↓ Càrregues gravitatòries

# St. Paul's Chapel



Càrregues gravitatòries

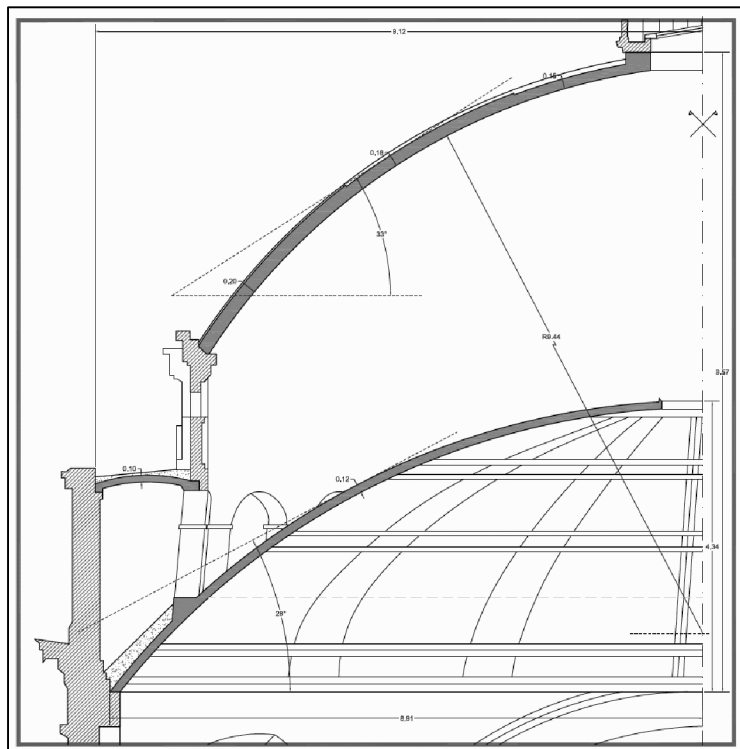
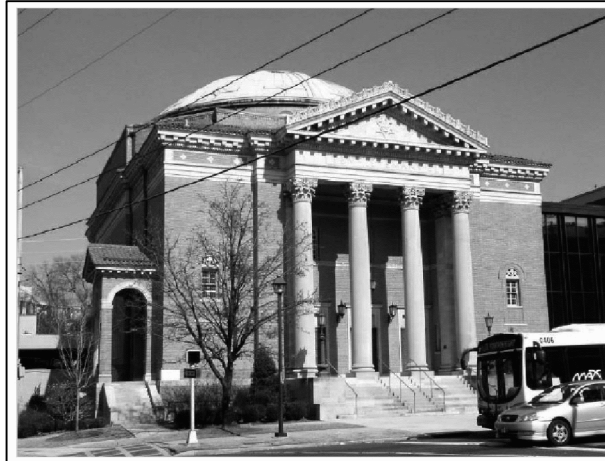


Deformada

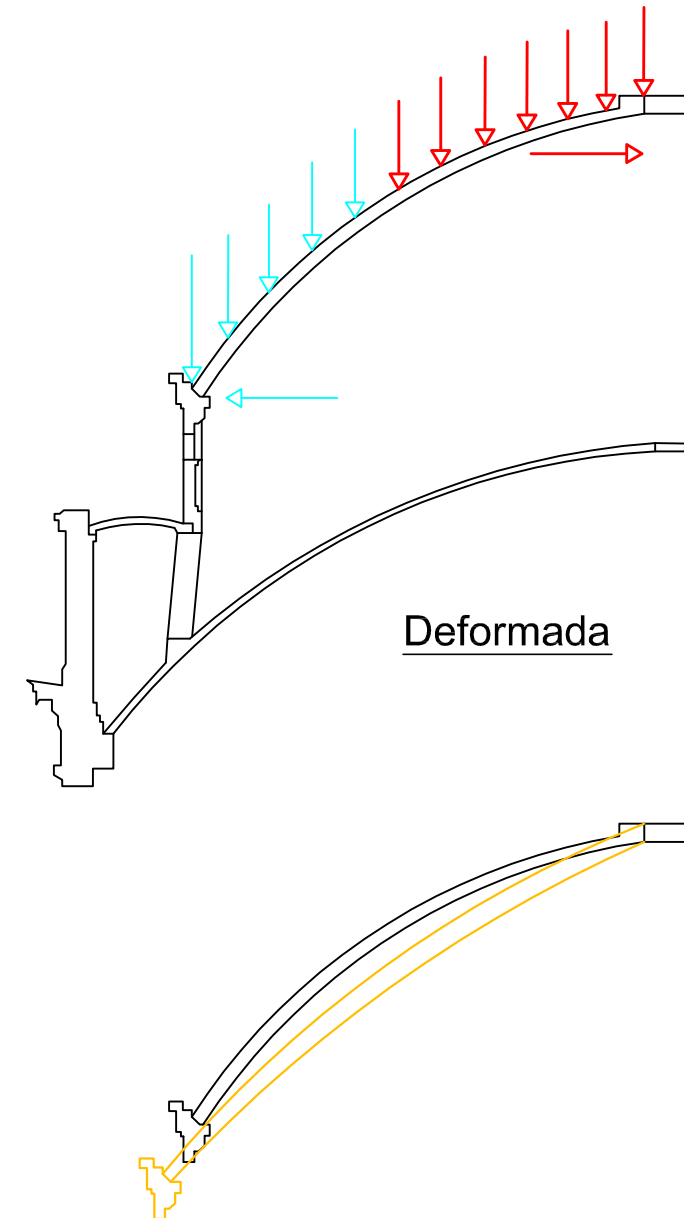

 Càrregues gravitatòries



# Temple Emanu-el



Càrregues gravitatòries



Deformada



 Càrregues gravitatòries



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

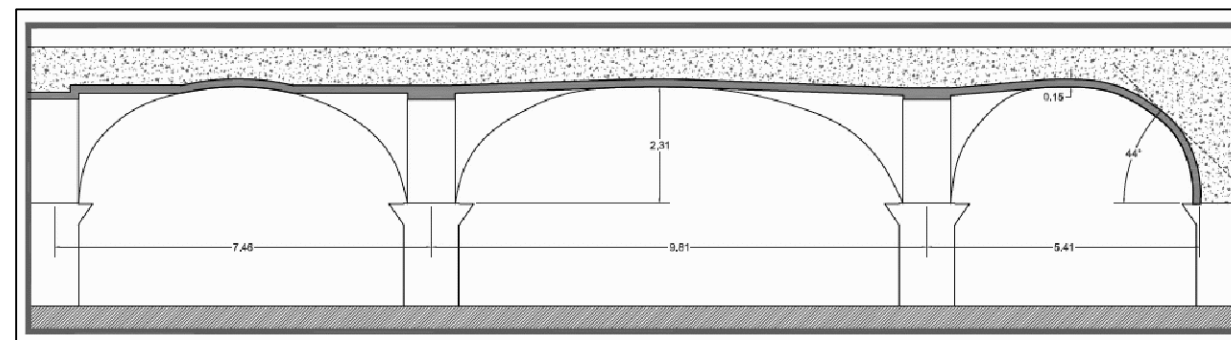
Contingut: Deformades per accions verticals

Autor: Guastavino

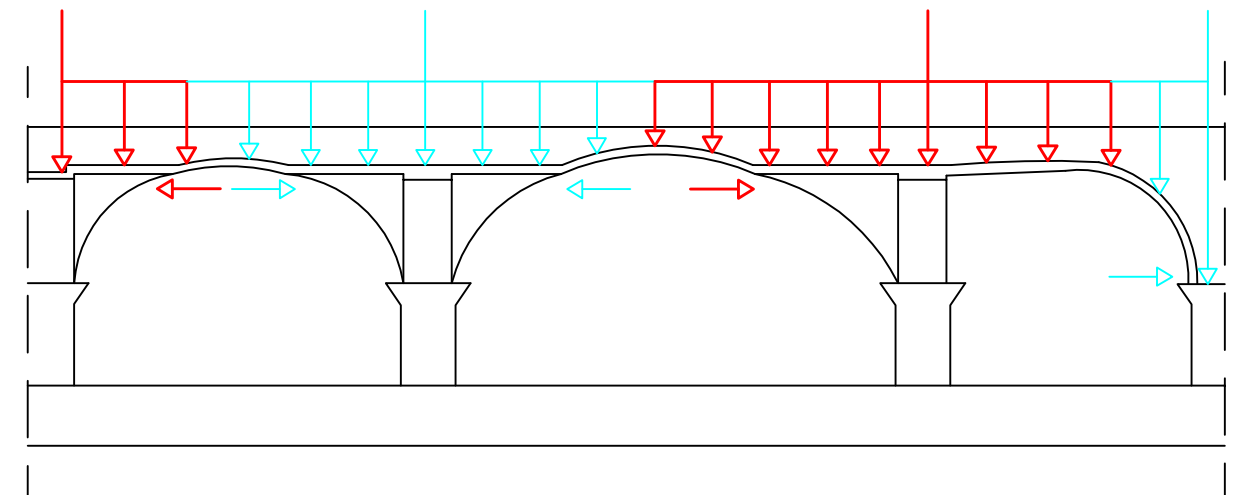
Obra: Temple Emanu-el

33

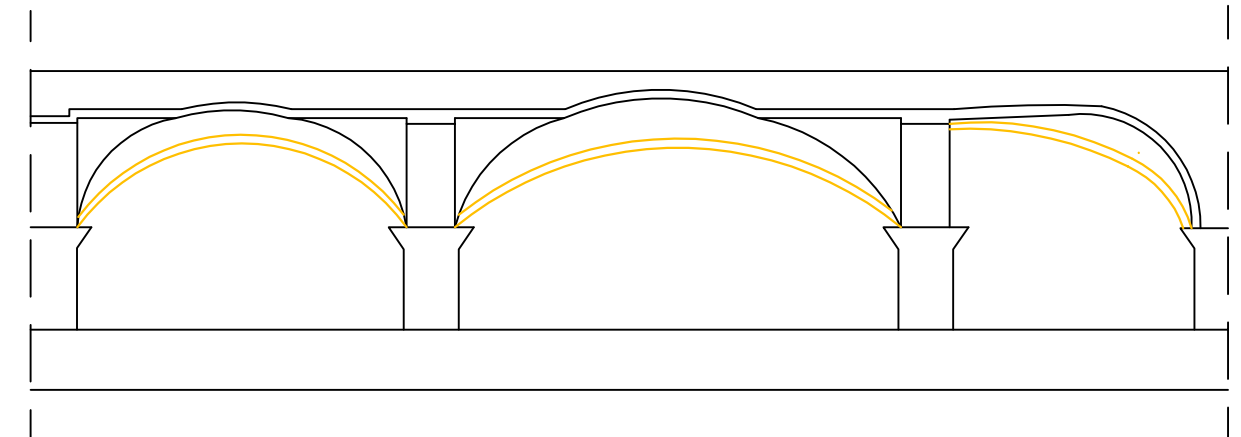
# Manhattan Municipal Building



Càrregues gravitatòries



Deformada




 Càrregues gravitatòries



# LLUIS MUNCUNILL I PARELLADA



## Lluís Muncunill i Parellada

(Sant Vicenç de Fals, 1868 - Terrassa, 1931).

Lluís Muncunill i Parellada va néixer el 25 de febrer de 1868, en una antiga casa pairal del terme de Sant Vicenç de Fals, prop de Manresa. Estudià al col·legi de San Ignasi d'aquesta ciutat i, acabats els estudis d'arquitectura l'any 1891, es va traslladar a Terrassa. Tres anys més tard va contraure matrimoni amb Àngels Palet pubilla de la casa d'aquest nom i va viure a Terrassa fins la seva mort. En els primers anys de professió va treballar segons els estils històrics i des de 1903 va desenvolupar un llenguatge arquitectònic cada cop més creatiu.

Lluís Muncunill defineix diferents tipologies d'edificis industrials i desenvolupa solucions constructives més interessants en les fàbriques allunyades del nucli urbà. La funcionalitat dels edificis industrials i els seus coneixements tècnics li permeten crear construccions industrials de grans dimensions. En canvi els magatzems són cada vegada més luxosos per a impressionar els clients en les transaccions comercials, exhibien a les seves façanes les formes més arriscades del modernisme. El factor comú és la utilització de cobertes amb voltes de maó de pla.

Els habitatges, excepte en casos excepcionals, presenten les dimensions d'un "casal", la repetició del qual dota a la ciutat d'una gran harmonia urbana. La distribució interior dels habitatges era molt simple: un cancell amb el "quarto de reixa", el passadís amb les habitacions i al fons el menjador i els serveis. Aquest esquema es reproduïx a diverses escales des de les cases burgeses a les promocions d'habitatges obrers. La dignificació dels habitatges dels treballadors, anomenades "cases barates", és una constant en aquesta època.

Va transformar la ciutat de Terrassa. Va treballar també a Rubí, Manresa, Ripoll, Matadepera, Montserrat i Ullastrell. Fins el 1903, va ser l'únic arquitecte municipal amb residència a la ciutat. Realitzà treballs de planejament i urbanística, ponts, edificis públics i religiosos, fàbriques, magatzems i tota mena d'habitatges. A més de les construccions de nova planta, va fer reformes importants i petites intervencions. Va ser també arquitecte municipal de Rubí (1892-1925) i de Manresa (1924-1925).

La seva arquitectura adapta les formes abstractes del modernisme a l'arquitectura industrial. Es situa en el context d'arquitectes com Cèsar Martinell, Josep Jujol i Rafael Masó.

Les seves obres més destacades són la masia Freixa (1907-1910) on transforma una nau industrial en una residència senyorial i el vapor Aymerich, Amat i Jover (1907-1908), on la seva major innovació és la coberta de voltes de maó i columnes de ferro que aporten gran lluminositat a l'interior.



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatòria Octubre 2010

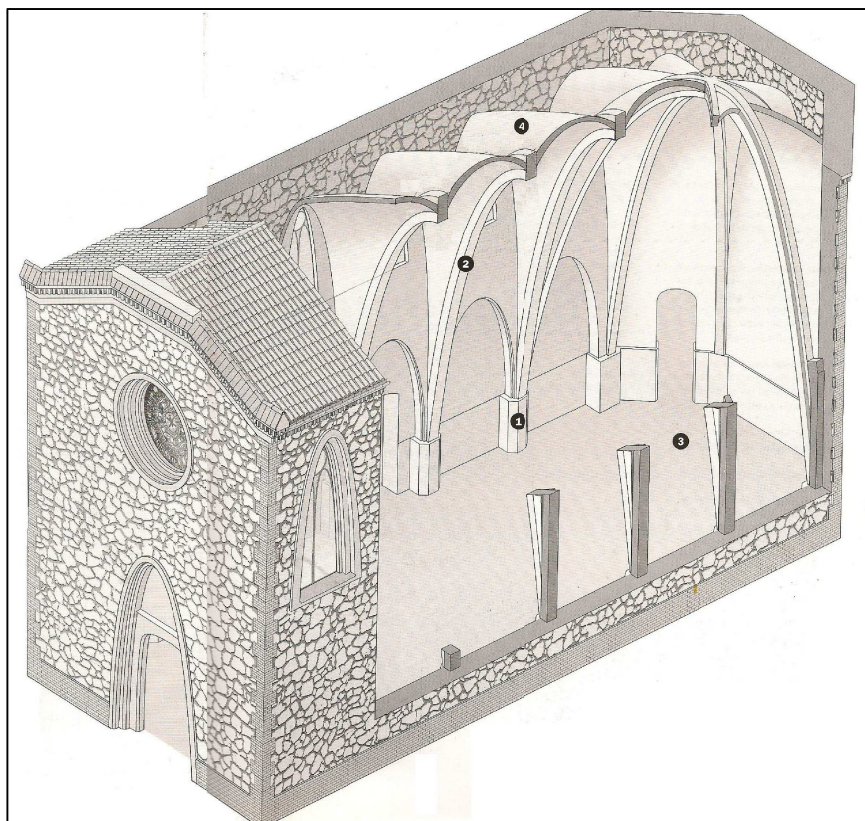
Contingut: Biografia autor

Autor: Lluís Muncunill i Parellada

35



# CAPELLA DEL CONVENT DE LES GERMANES JOSEFINES

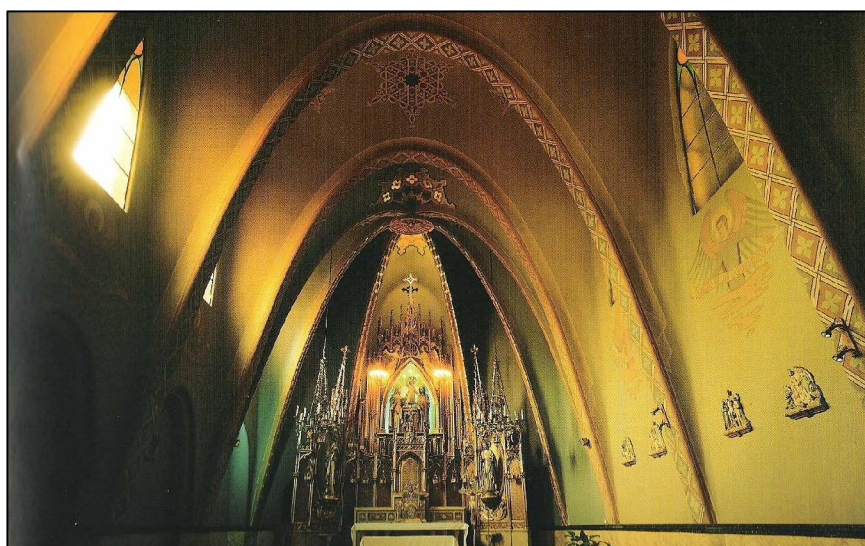


L'origen del projecte d'aquesta obra es troba en la necessitat de construir un nou convent on acollir malalts sense recursos. L'any 1900 se li va confiar l'encarrec i l'any següent es va inaugurar.

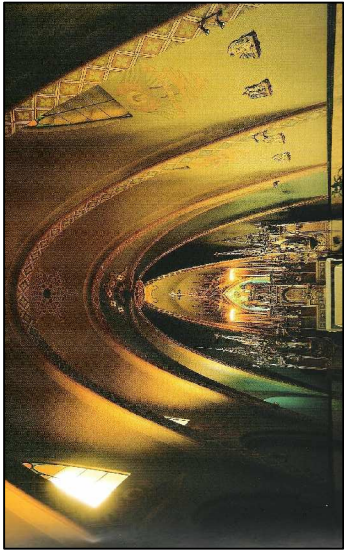
La façana del edifici del convent segueix el sistema de paredat comú, en que fa servir pedres irregulars sense picar, lligades amb morter de forma arbitrària. A la façana també combina aquest paredat amb fileres de maó vist.

La capella es la part mes important del convent. La façana és de paredat senzill, com la resta del convent, amb la utilització de maó vist a les motllures de portes i finestres i als pilars dels angles. L'interior, però, adopta les formes modernistes.

Utilitza arc parabolic amb finalitats estructurals a la nau i a l'absis i la coberta de volta de maó de pla, allunyant-se de les tipologies dels edificis religiosos dels corrents historicistes.

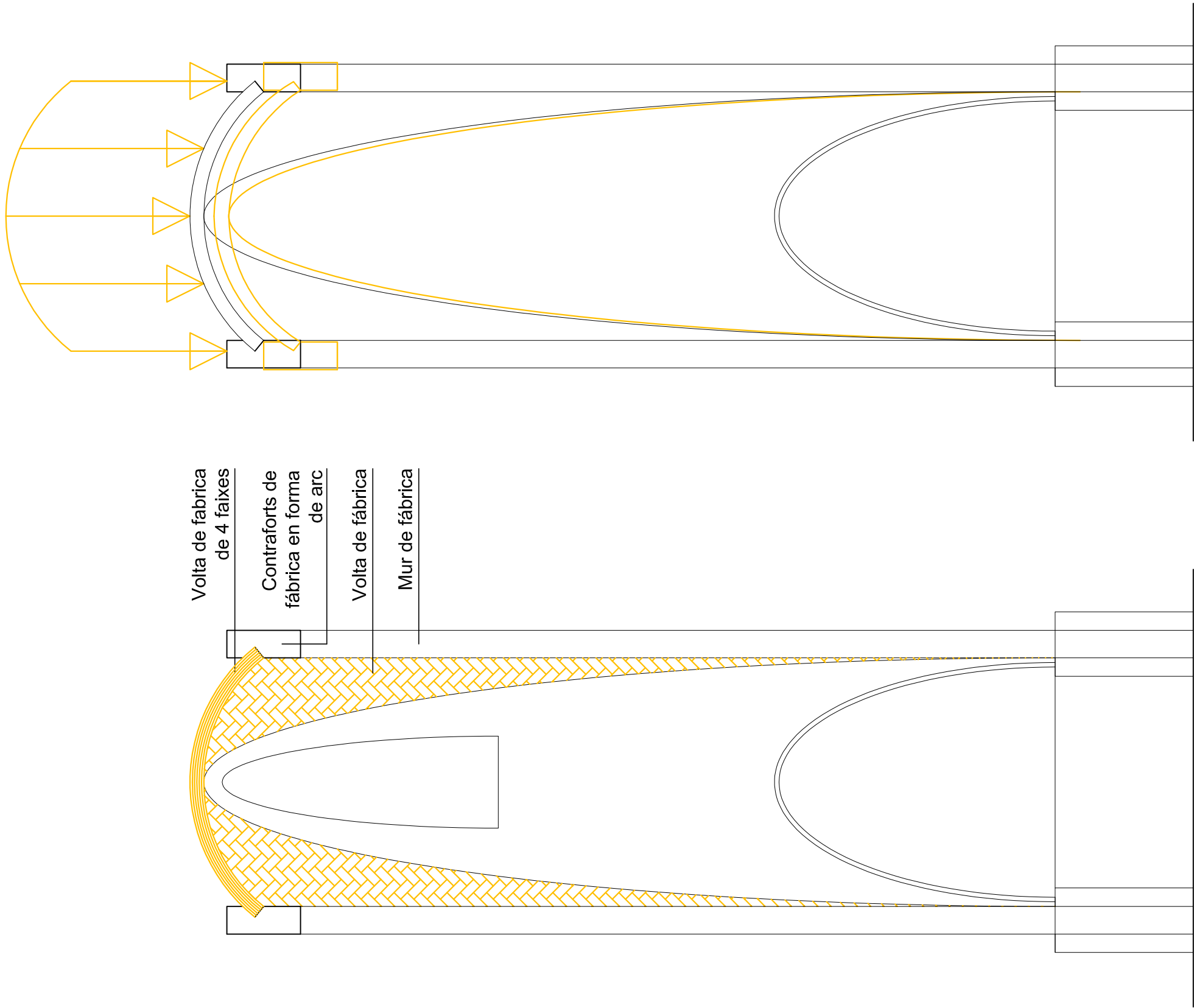






## ACCIONS VERTICALS

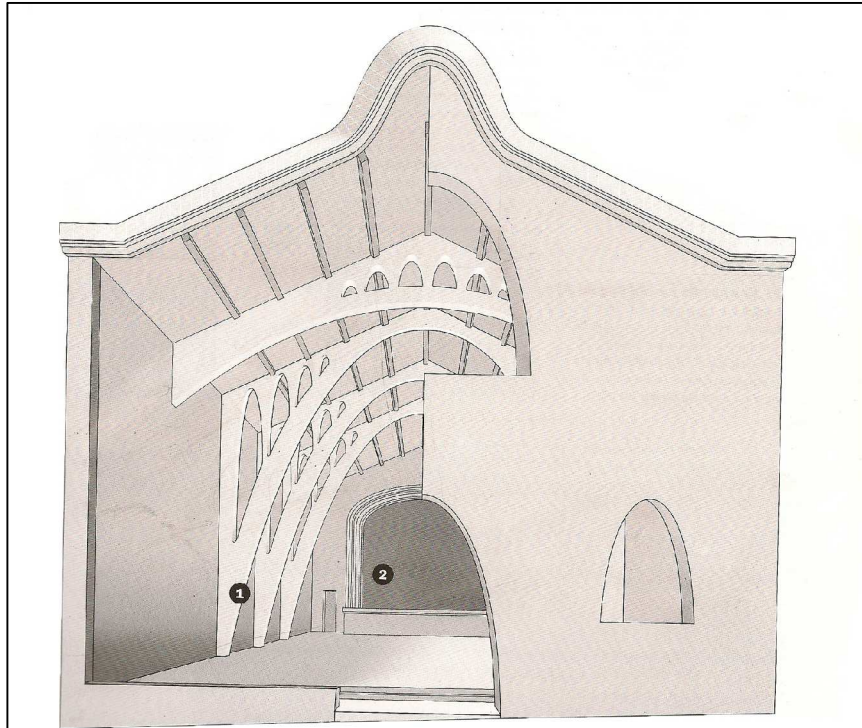
Son les del pes propi i de possible manteniment. S'utilitza el arc de volta en la zona superior per fer la coberta i el arc parabolic en la configuració de l'absis. Les carregues de l'arc les absorveix l'arc i la paret de fàbrica y els arcs parabòlics permeten una altura major. Transmeten les carregues de manera mes vertical.



E 1.100

Accions Verticals

# EDIFICI AGRUPACIÓ REGIONALISTA



Lluís rep l'encarrec de part del moviment catalanista terrassenc l'any 1906, i l'any 1907 es va inaugurar. Realitzant el treball en escàs temps.

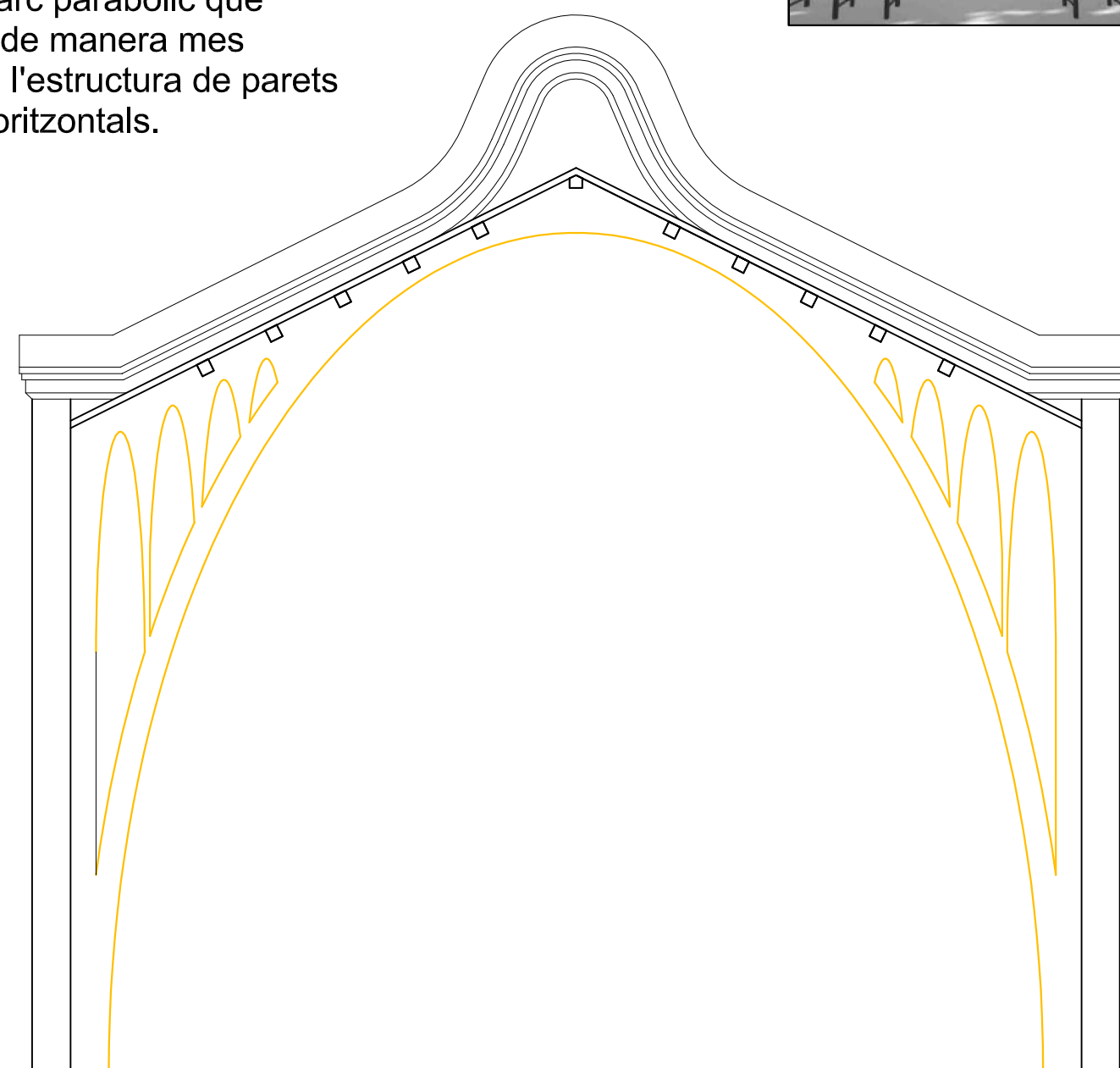
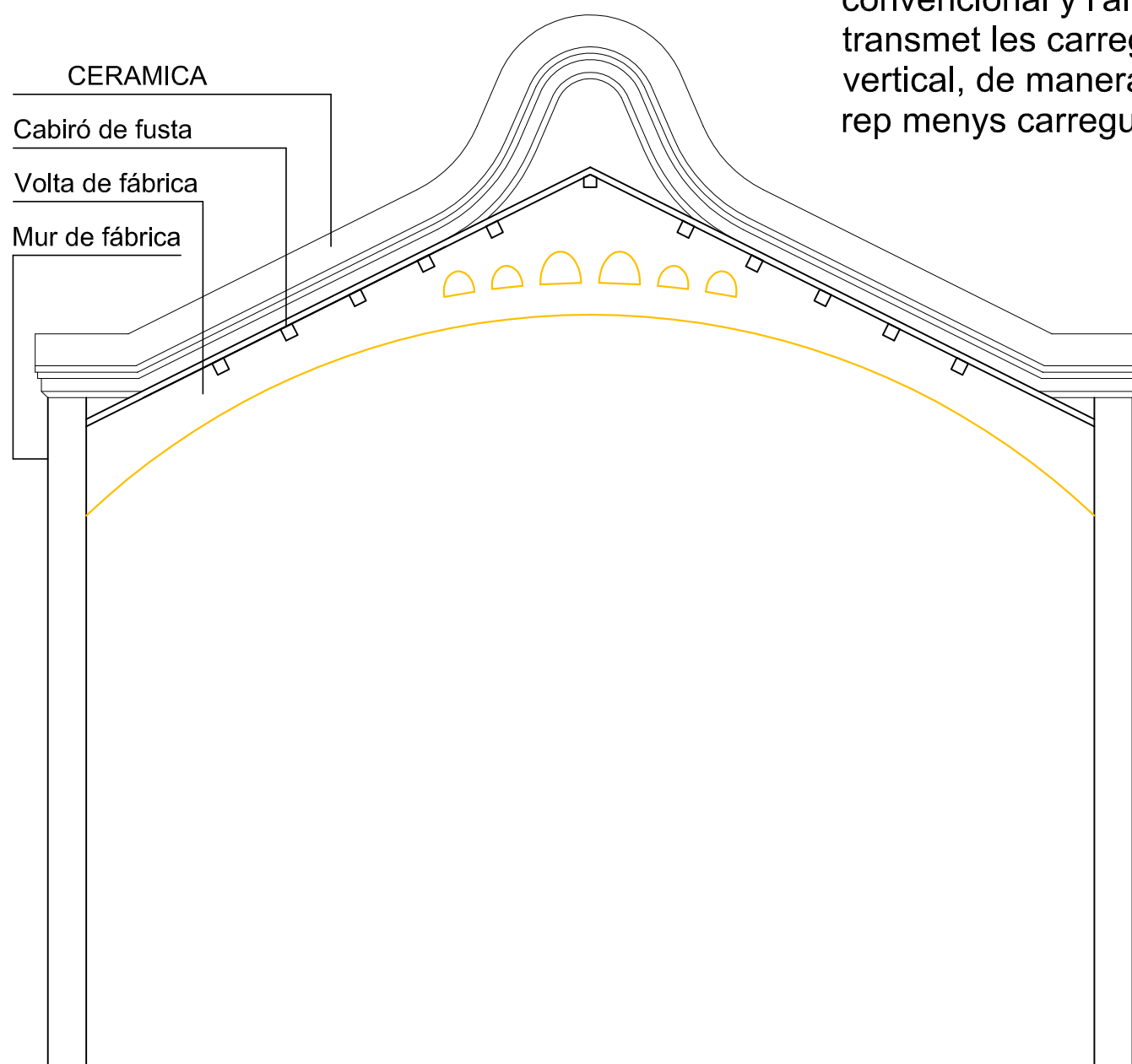
Per primera vegada en l'obra de Muncunill, utilitza l'arc parabòlic que ocupaven tota l'alçaria de l'edifici.

El edifici estava dividit en dos cossos, el principal, de dos pisos, i un cos secundari, ambds amb façana de maó vist. A la planta baixa del primer hi havia una portalada amb finestres a banda i banda, totes de forma parabòlica. Al primer pis s'obria un gran finestral parabòlic.



## SECCIÓ TRANSVERSAL

Destaquen les dos diferents tipologies de voltes ceràmiques, una de forma convencional y l'altre d'arc parabòlic que transmet les carregues de manera més vertical, de manera que l'estructura de parets rep menys carregues horitzontals.



E 1.100



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Diaz  
Rubén Sanz Fernandez

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Edifici Agrupació regionalista

Autor: Lluís Muncunill i Parellada

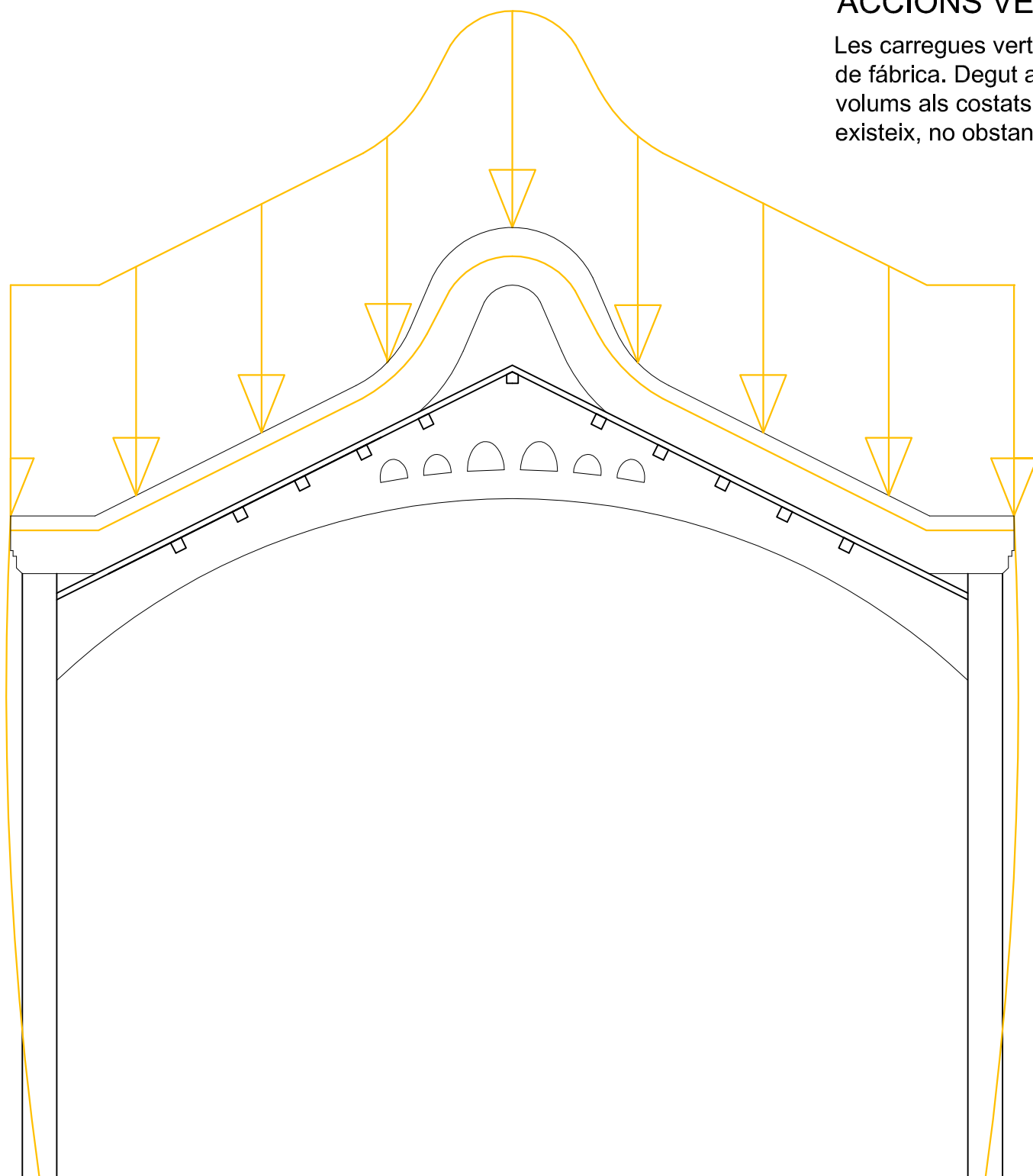
Obra: Edifici Agrupació Regionalista

39

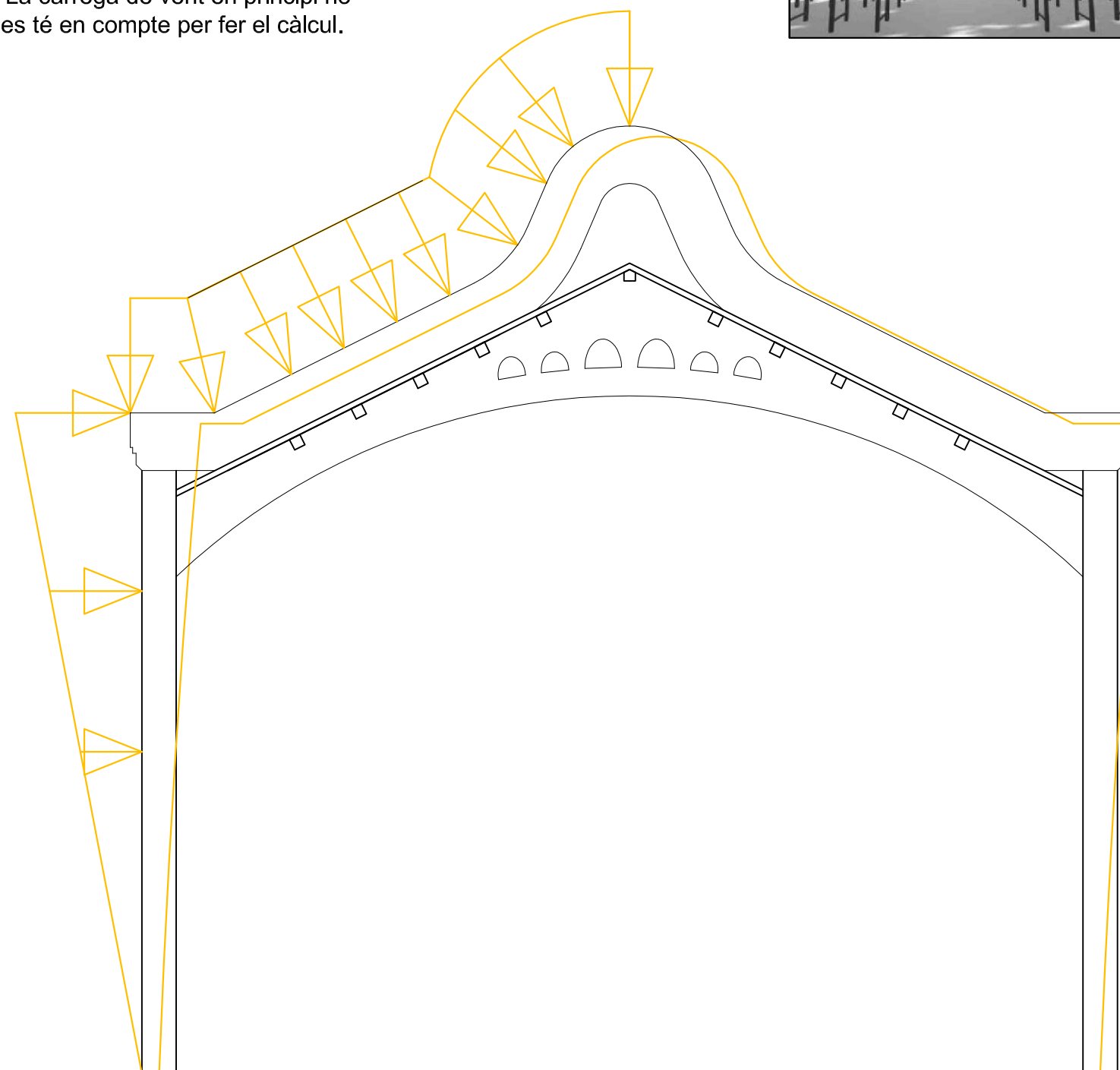


## ACCIONS VERTICALS Y DEL VENT

Les carregues verticals fan pandejar l'estructura de parets de fàbrica. Degut a això segurament s'han construït altres volums als costats. La carrega de vent en principi no existeix, no obstant es té en compte per fer el càlcul.



Accions Verticals



Vent



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Deformades per accions verticals y del vent

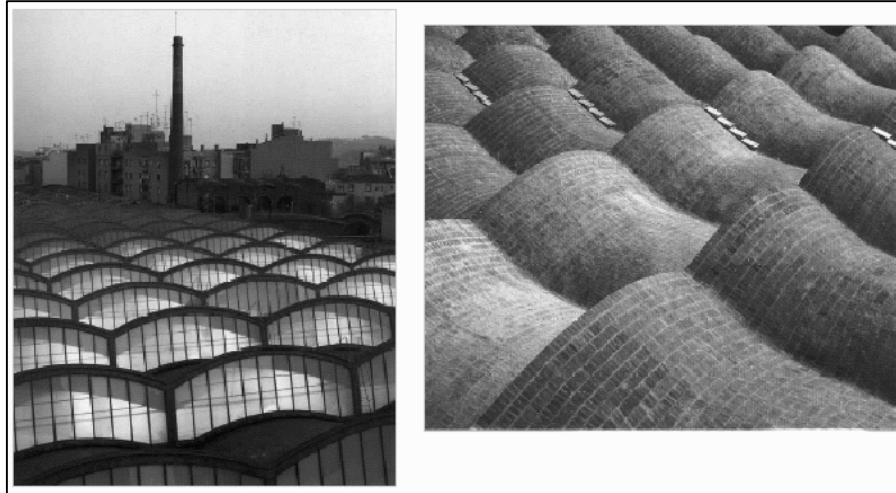
Autor: Lluís Muncunill i Parellada

Obra: Edifici Agrupació Regionalista

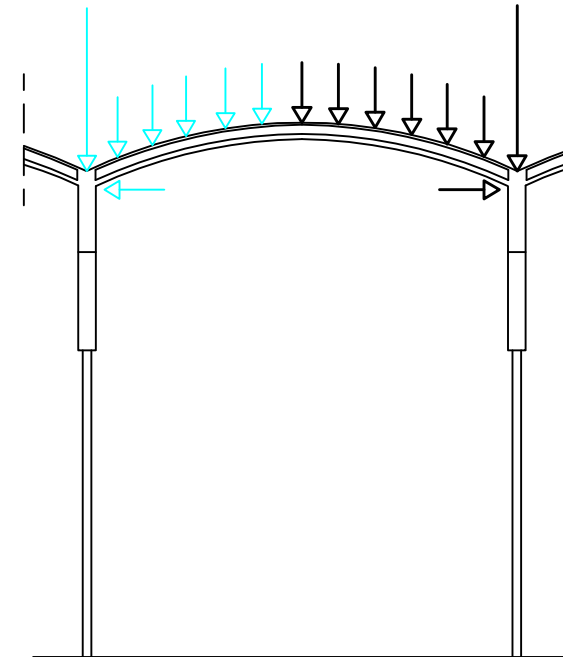
40



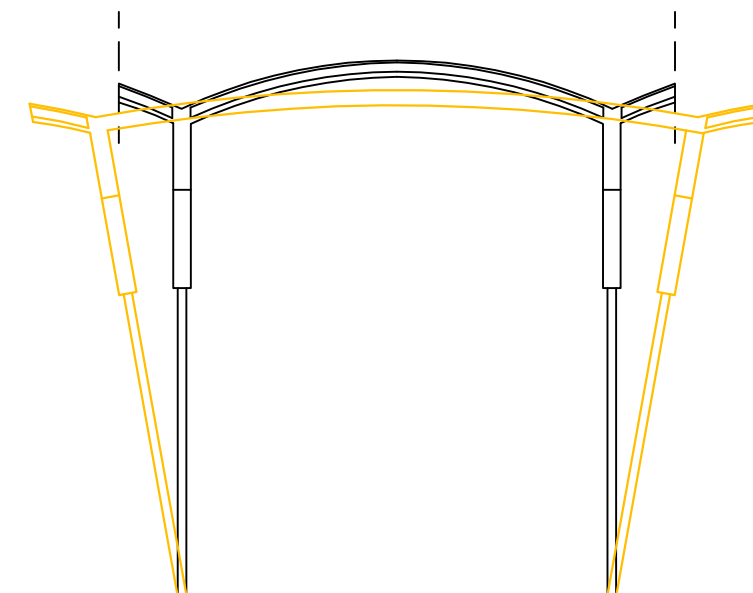
# Fàbrica Aymerich



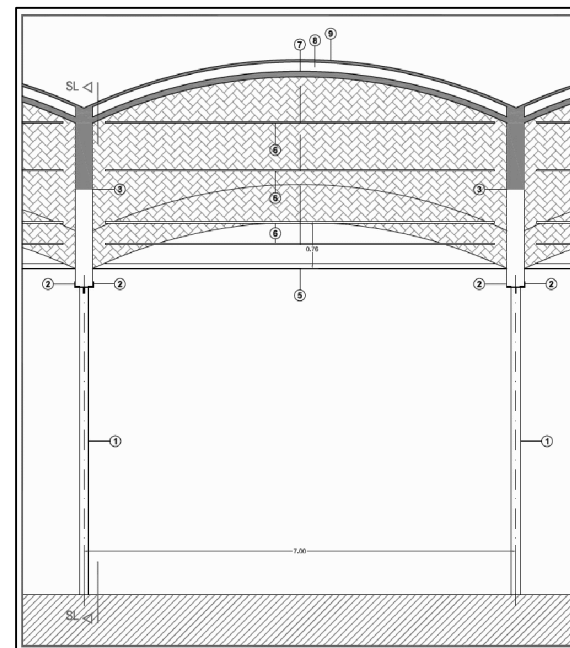
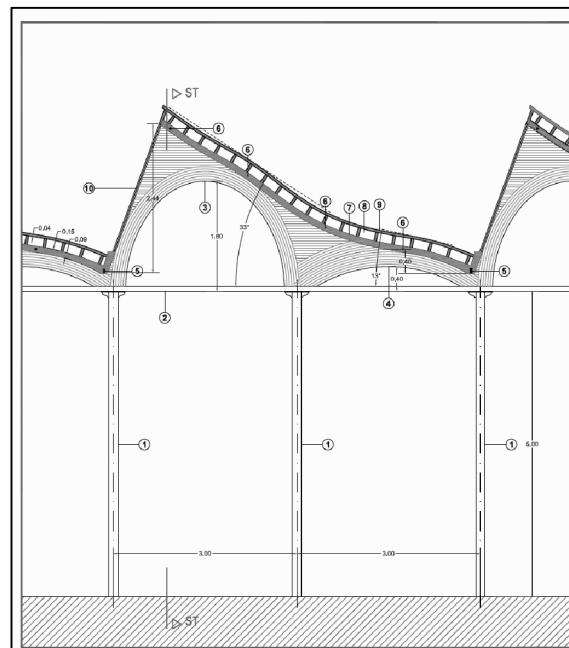
Càrregues gravitatòries



Deformada



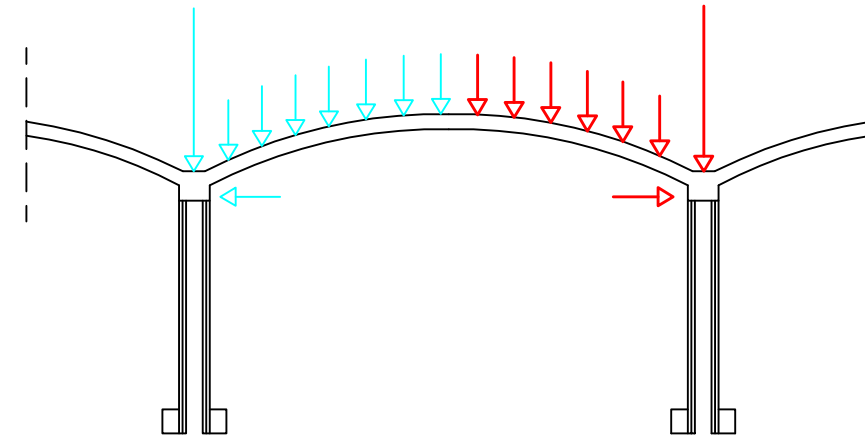
↓ ↓ Càrregues gravitatòries



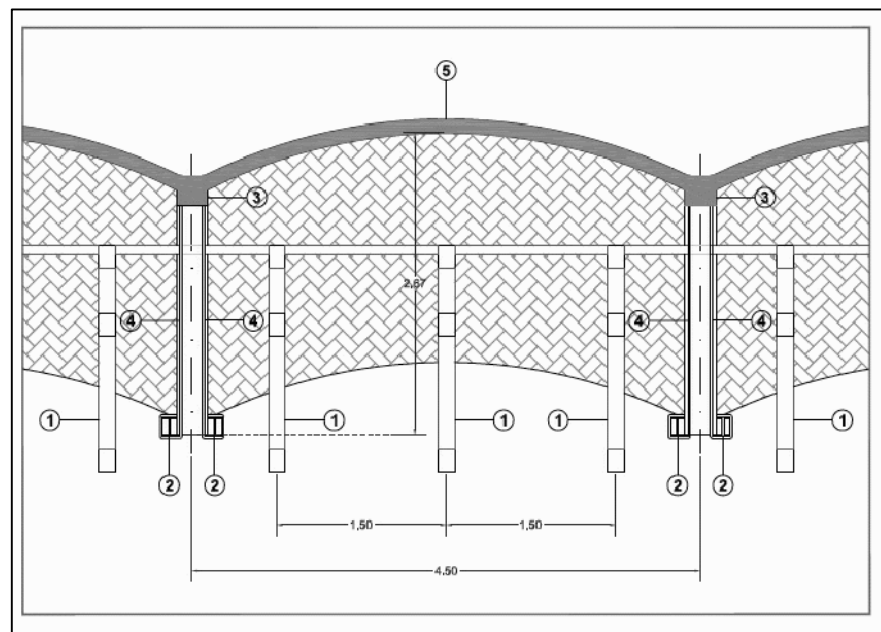
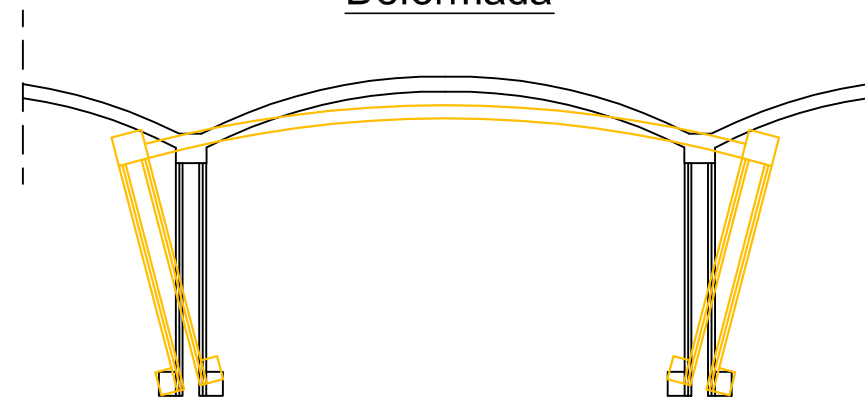
# Masia Freixa



Càrregues gravitatòries



Deformada

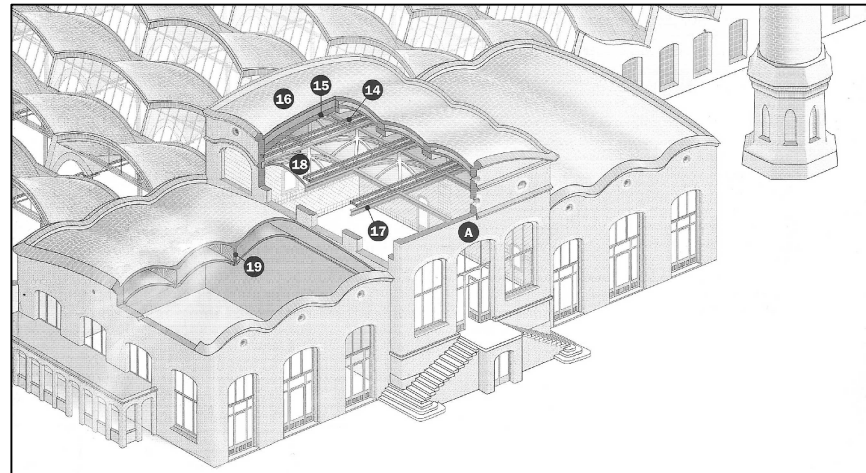




 Càrregues gravitatòries



# EL VAPOR AYMERICH



El vapor Aymerich, Amat i Jover es l'obra industrial modernista més important de Muncunill a Terrassa.

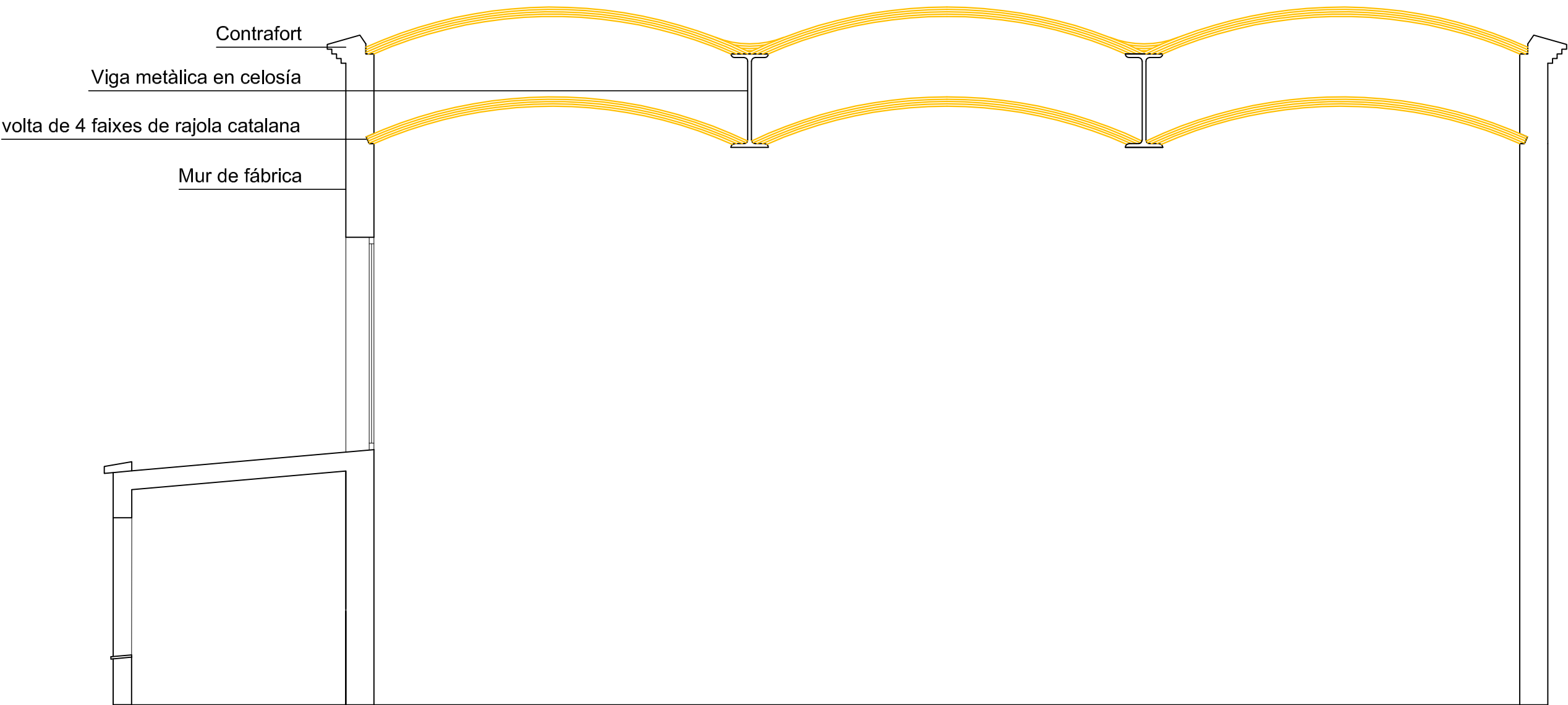
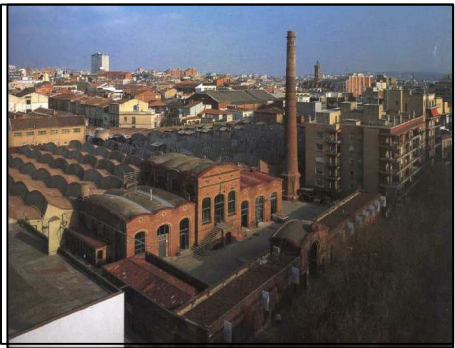
L'espai que analitzem es el de producció d'energia. On destaca el cos central, on hi havia la sala de la màquina de vapor i les dues naus laterals, la sala de calderes i el taller. L'estructura del cos central (A), consta de tirants de ferro (14), que subjecten els arcs (15), Roberts amb volta de maó pla (16). Sota aquesta hi ha un enviga encreuat (17) que té la funció de suport de la maquinaria. Aquests espais rectangulars es van cobrir amb una estructura de maó suportada per nervis (18). Les cobertes de les naus laterals descansen sobre jàsseres de ferro (19).



Les jàsseres i els tirants que subjecten els arcs i les voltes permeten substituir els contraforts, la qual cosa permet desenvolupar formes molt més arriscades i estilitzades. tecnica del edificio.

# SECCIÓ TRANSVERSAL

L'edifici consta de tres voltes que estan suportades pel contrafort en els seus laterals y per vigues metaliques en les zones intermitges.

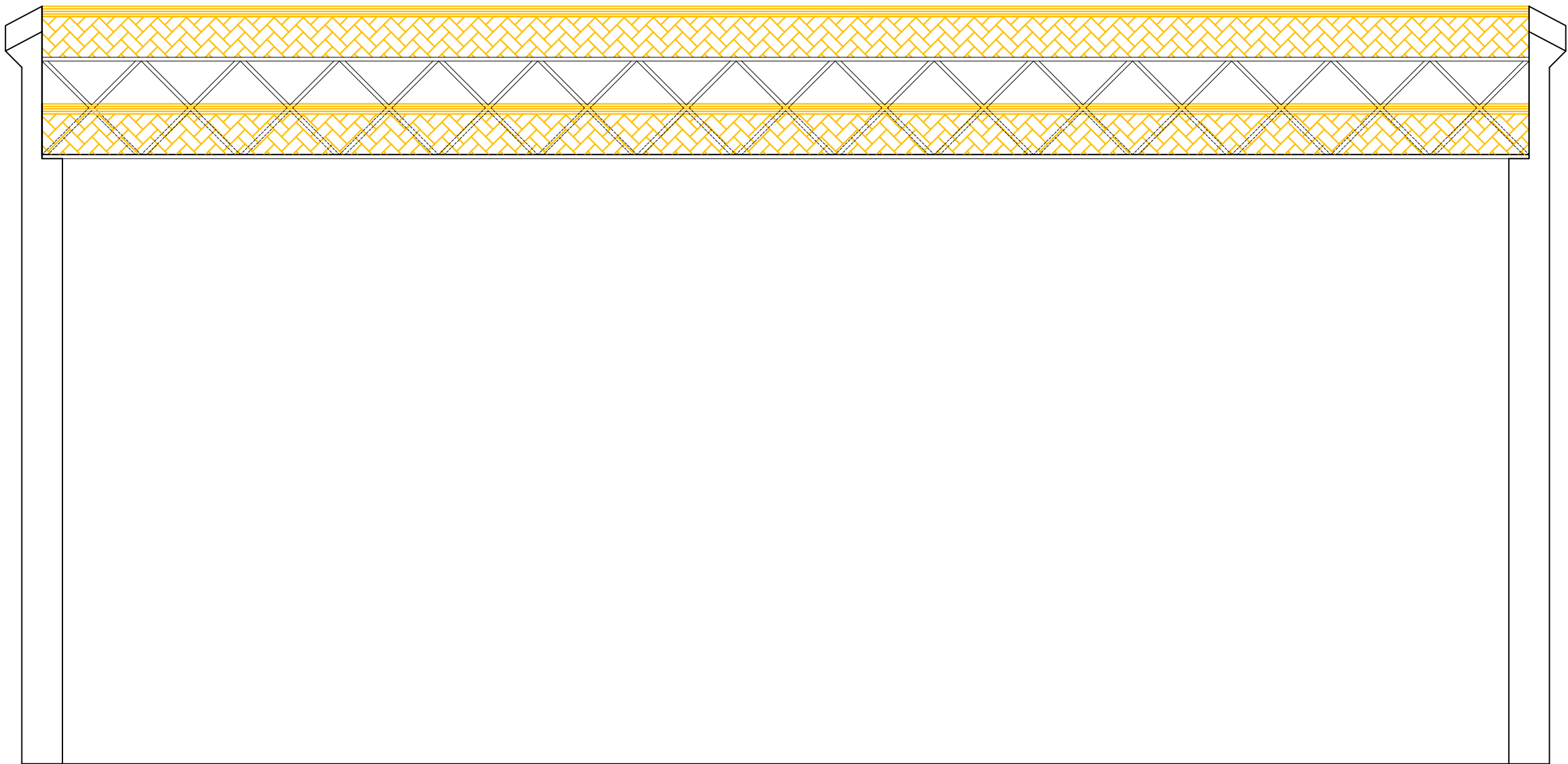


E 1.100

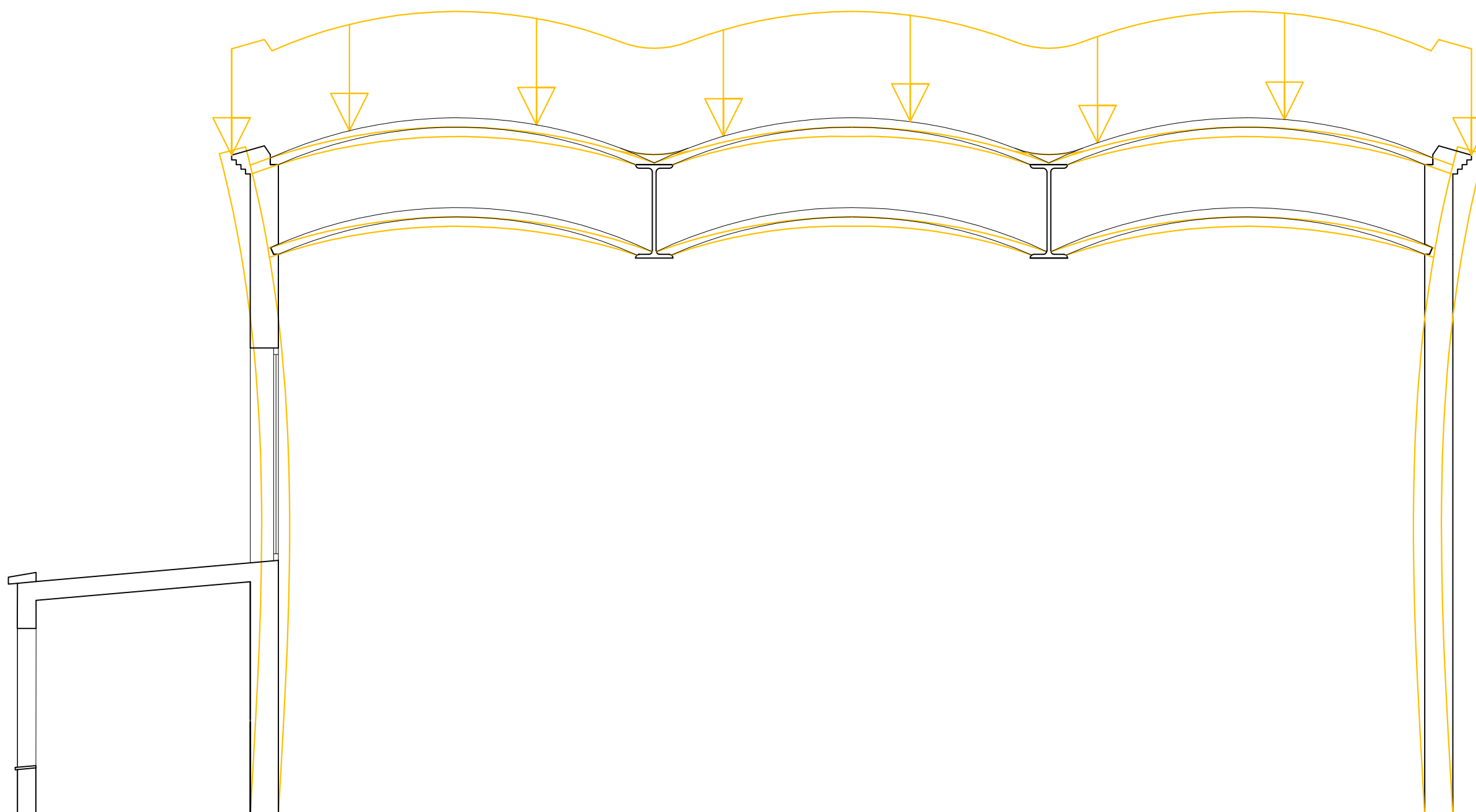


# SECCIÓ LONGITUDINAL

Destaquen les vigues d'acer en gelosia, que permeten una major inercia amb una reducció substancial del pes. Les dues capes de volta es suporten en la zona superior de les vigues y en les ales respectivament.



E 1.100



## CARREGUES VERTICALS

Les càrregues verticals es transformen en els extrems de la volta en horitzontals degut a la seva relació ample/alt tan gran. Son suportades pels contraforts y en gran manera per les vigues metaliques que al tenir càrrega per ambdos costats les compensa.

Accions Verticals



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Diaz  
Rubén Sanz Fernandez

Convocatoria Octubre 2010

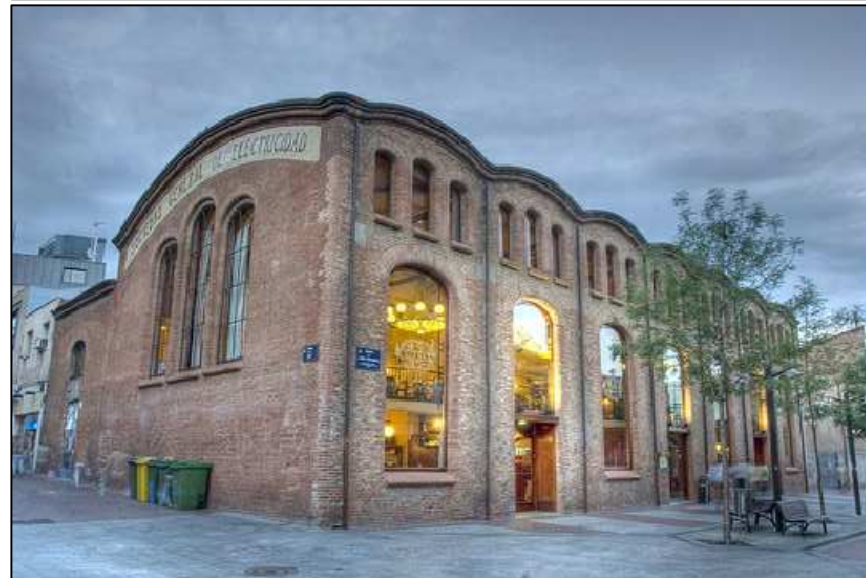
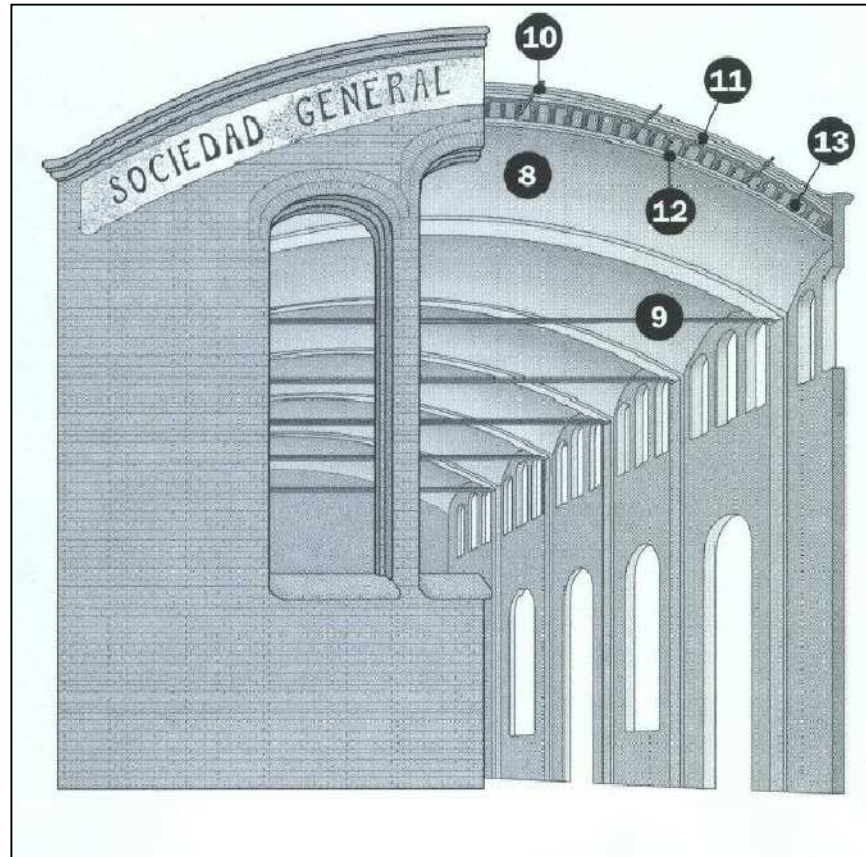
Contingut: Deformada per accions verticals

Autor: Lluís Muncunill i Parellada

Obra: El vapor Aymerich

46

# SOCIETAT GENERAL ELECTRICA



La fabrica d'Electricitat mostra el sistema de volta atirantada de la coberta i el maó vist a les façanes, premsat i envernissat. Tant la volta com el maó vist i el ferro colat van permetre a Lluís Muncunill introduir els recursos estètics modernistes a les construccions fabrils, millorant la seva funcionalitat amb espais més amplis, sense els entrebancs de les parets metstres entre nau i nau i dels contraforts, i integrant el sistema de volta de maó de pla amb els elements moderns com el ferro colat.

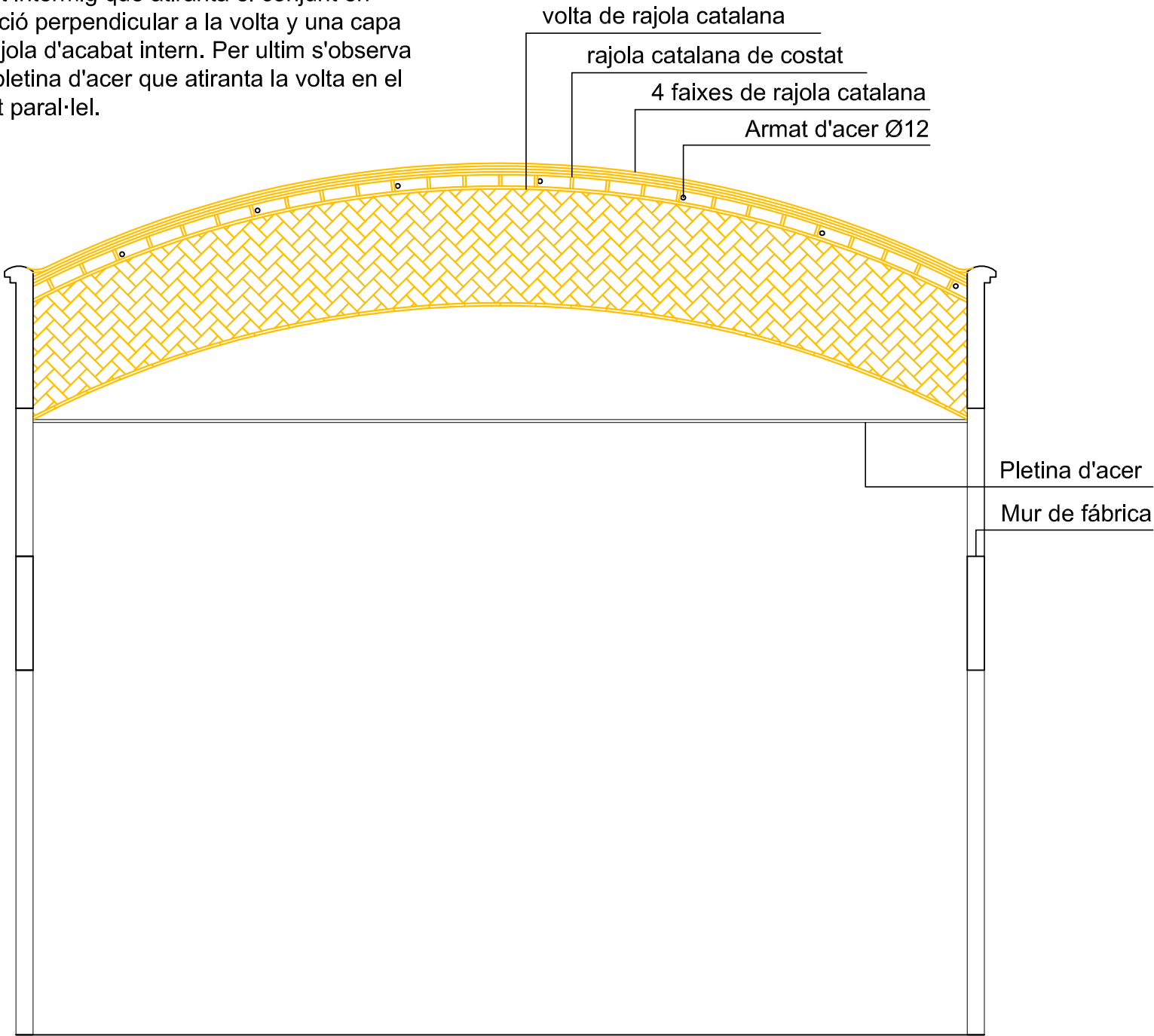
Els tirants de dos angles de 90x90mm de costat subjecten els arcs i els tirants rodons de 22mm de diàmetre suporten l'empenta de les voltes superiors.

La volta de maó de pla es doble, la superior amb quatre gruixos de maó i la inferior amb dos gruixos, separats per unes faixes de rajoles a fi d'aconseguir l'aïllament ambiental i preservar la fàbrica d'humitats.



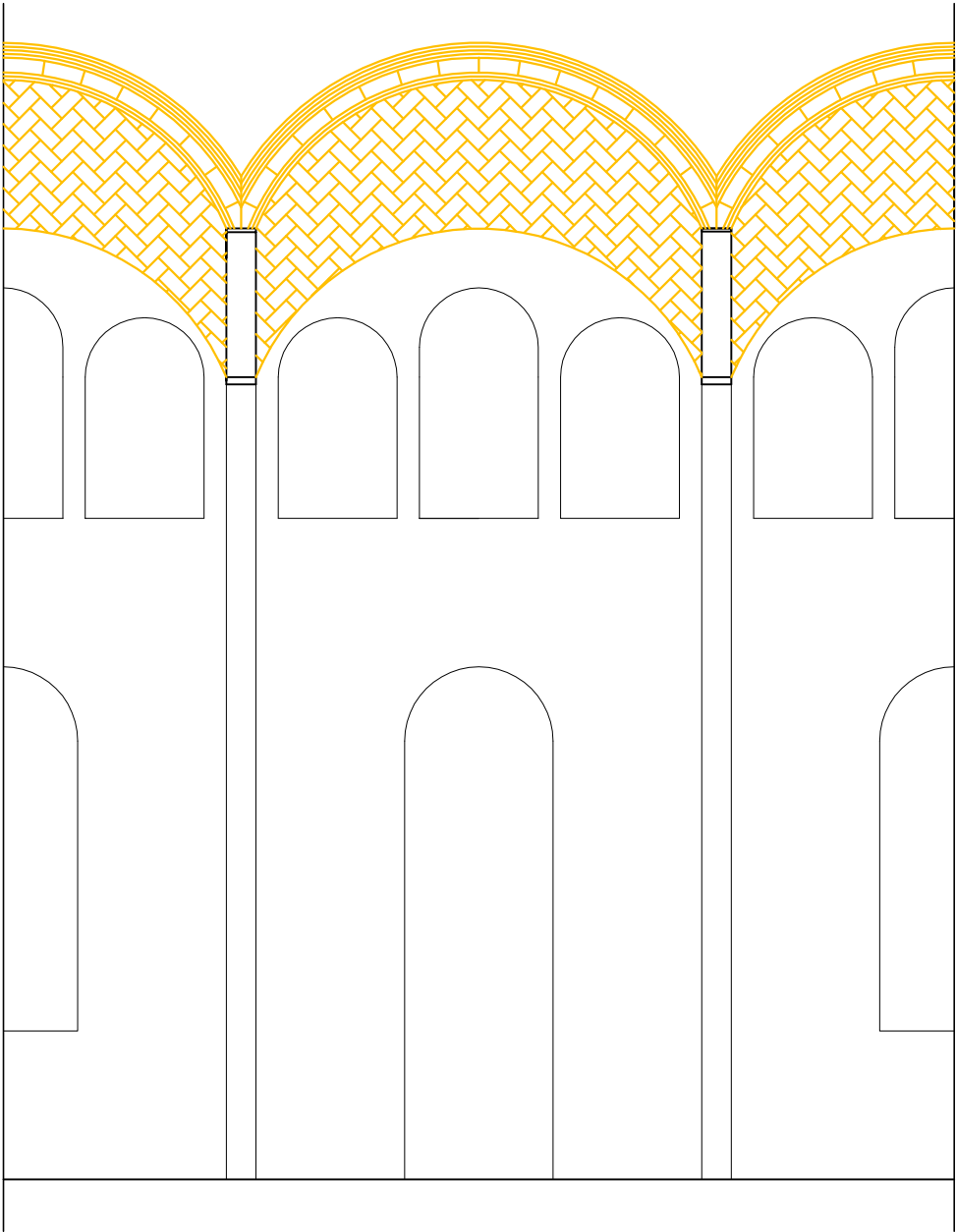
SECCIÓ TRANSVERSAL

La secció consta de una volta catalana que ondula verticalment amb 4 faixes a la zona superior per aconseguir impermeabilitat, un armat intermig que atiranta el conjunt en direcció perpendicular a la volta y una capa de rajola d'acabat intern. Per ultim s'observa una pletina d'acer que atiranta la volta en el sentit paral·lel.



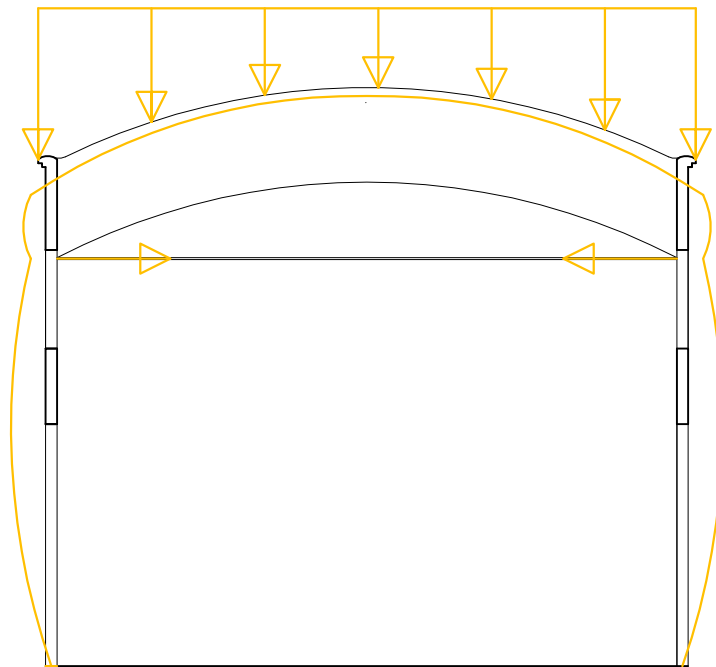
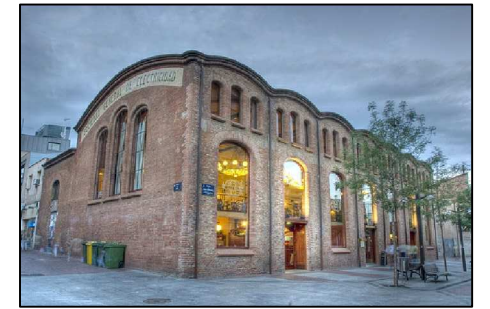
SECCIÓ LONGITUDINAL

La volta es suporta als pilars que sobresurten de la linea de façana. S'aconsegueix fer gran obertures degut a que s'ha independitzat el tancament de l'estructura.

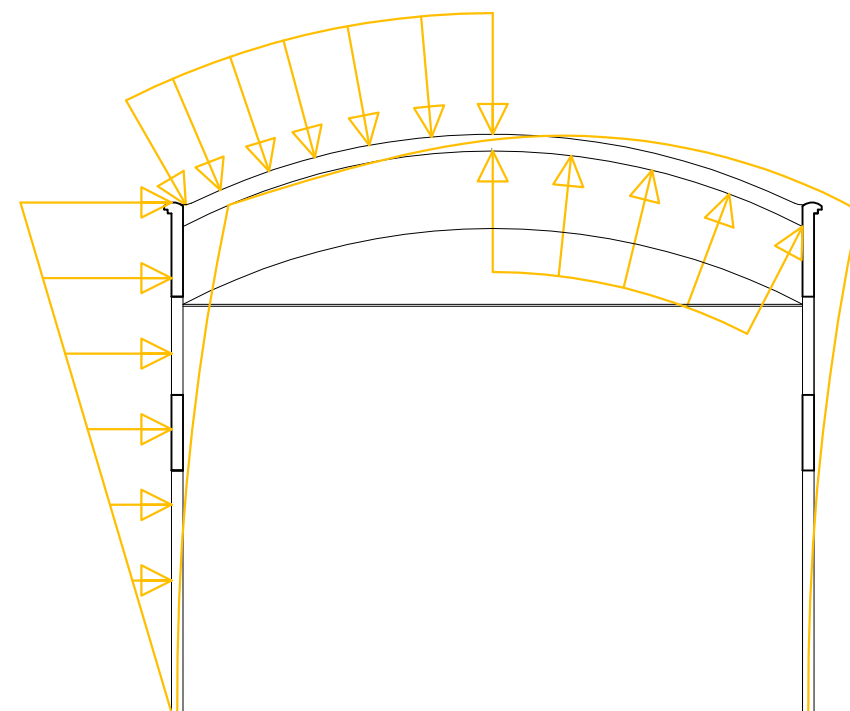


E 1.100

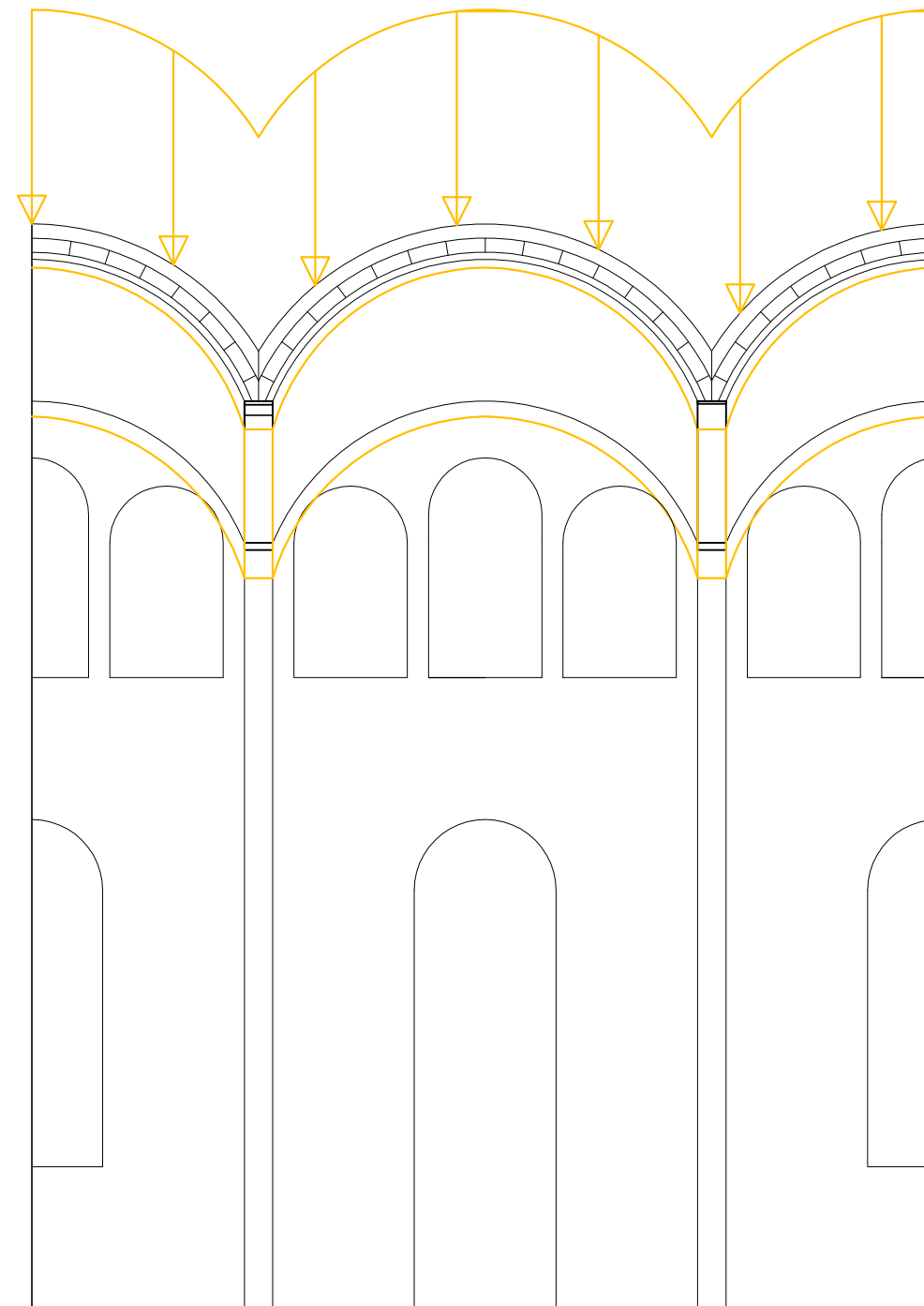




Accions Verticals



Vent



Accions Verticals

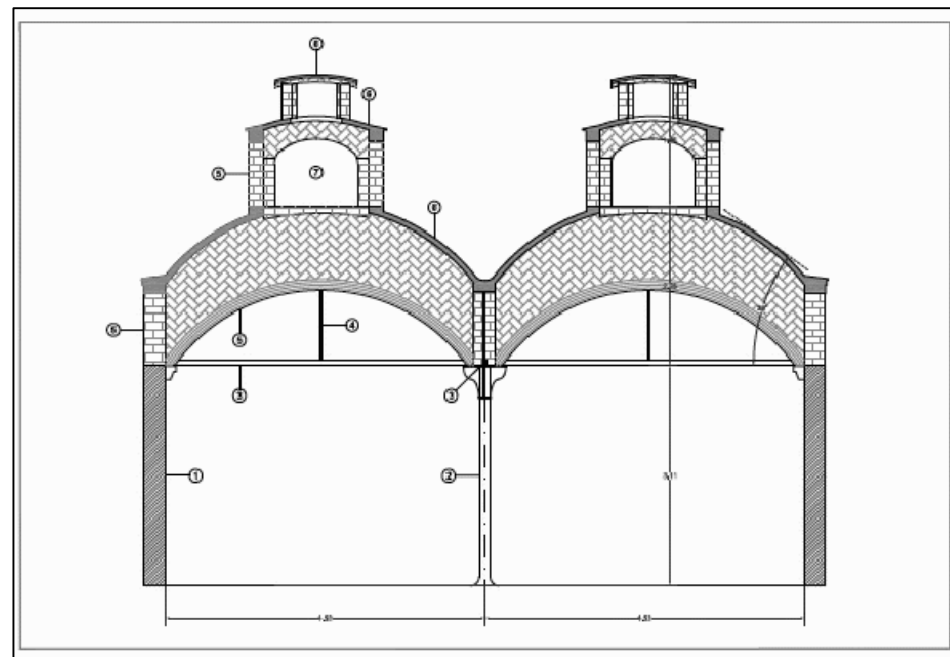
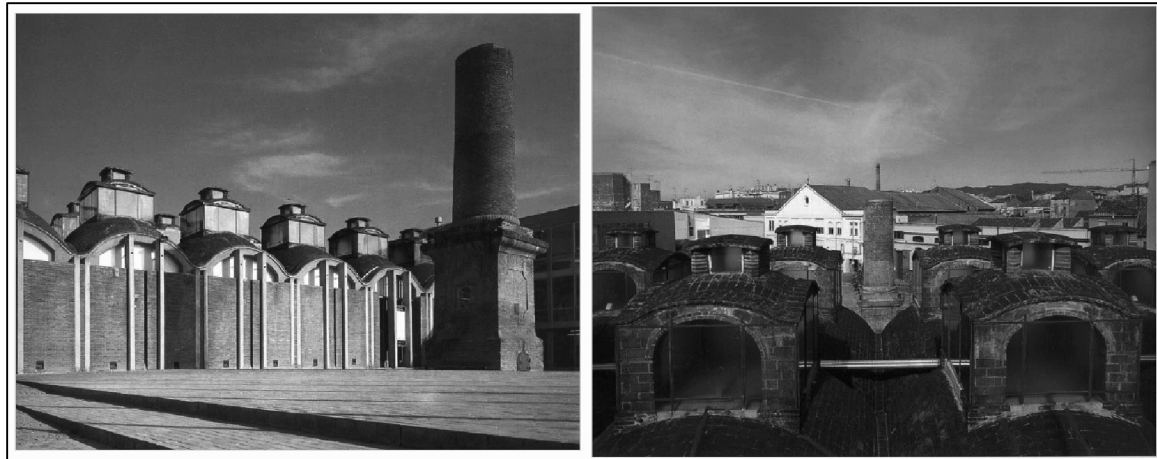
## ACCIONS VERTICALS

Les accions verticals de pes propi o de manteniment son absorvides per els pilars desolidaritzats de façana y per la pletina que uneix la volta, la cual treballa constantment a tracció.

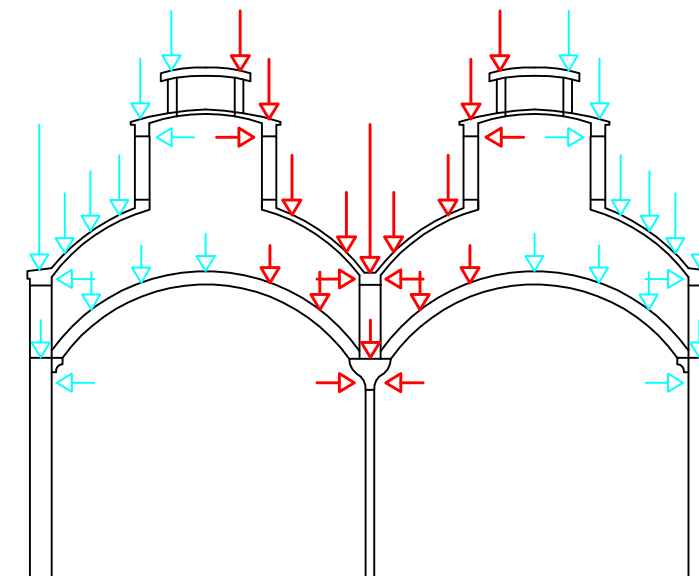
## REACCIÓ AL VENT

En el cas de les accions del vent la pitjor situació seria la entrada d'aire per les grans obertures y una força perpendicular a façana. No obstant les pletines també fan la funció de trava.

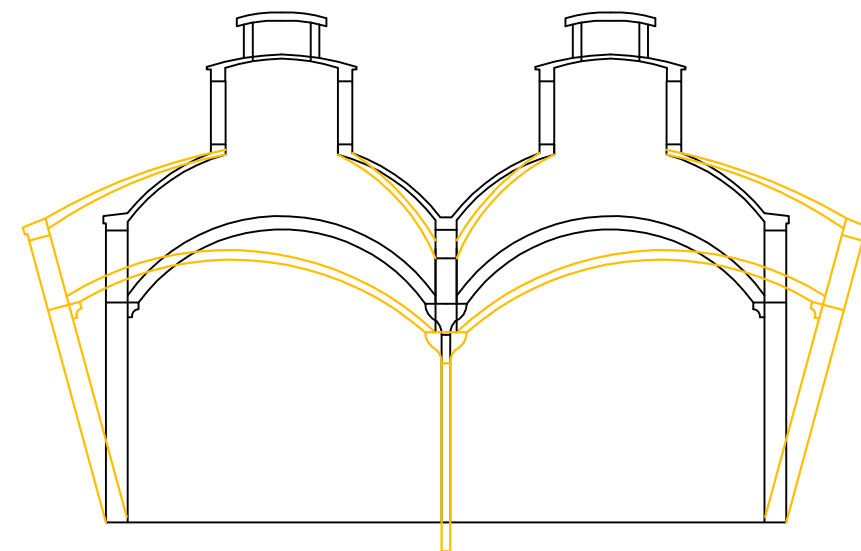
# Quadra del vapor Amat



Càrregues gravitatòries



Deformada



↓ ↑ Càrregues gravitatòries



# JOSEP DOMENECH I ESTAPA



**Josep Domènech i Estapà**

(Tarragona, 1858 - Sant Feliu de Cabrera, 1927).

Josep Domènech i Estapà va néixer a Tarragona el 7 d'octubre de 1858. La seva vida professional va transcórrer però en la seva major part a Barcelona, on es traslladà de ben jove.

Cursà els estudis d'arquitectura a Barcelona, on va obtenir el títol l'any 1881 amb la qualificació d'excel·lent i va ser nomenat pel claustre de professors com l'alumne més distingit dels curs. El mateix any es gradua com a doctor en ciències exactes amb el títol de llicenciat amb premi extraordinari. El mateix any també obté el títol d'agrimensor.

El 12 de desembre de 1881 ingressa com acadèmic numerari de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts que el rep amb solemnitat el 1882, acte en el qual llegeix el discurs *La geometria projectiva en el arte arquitectónico*. El 1883 és nomenat secretari de l'Associació d'Arquitectes de Catalunya i el mateix any comença a treballar com arquitecte municipal de Sant Andreu de Palomar, càrrec que mantindrà fins a l'agregació del municipi a Barcelona.

En la primera etapa de l'Exposició Universal de 1888 va ser Arquitecte en Cap de la Secció 2ª fins a la participació directa de l'Ajuntament a l'esdeveniment.

Va tenir una llarga activitat a la Universitat. Ja des del 1880 i fins al 1882 va exercir com a professor auxiliar interí a la Facultat de Ciències. El 1888 va ser nomenat catedràtic de Geodèsia a la Universitat de Barcelona, el 1895 de Geometria Descriptiva i des de 1900 de Geometria de la Posició.

L'any 1912 és designat president de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts.

Va rebre el títol de *Caballero de la Orden de Alfonso XII y Comendador de Isabel la Católica*.

Va ser nomenat Arquitecte de Construccions Civils depenents del Ministeri d'Instrucció Pública i Belles Arts.

El 1902 va ser el guanyador del concurs per al Projecte de l'Hospital General per a Barcelona (Hospital de Sant Pau), però després d'una aferrissada polèmica va ser finalment projectat i construït per Domènech i Montaner.

Va morir a Sant Feliu de Cabrera el 5 de setembre de 1917.



**EPSEB**

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatòria Octubre 2010

Contingut: Biografia autor

Autor: Josep Domenech i Estapa

**51**

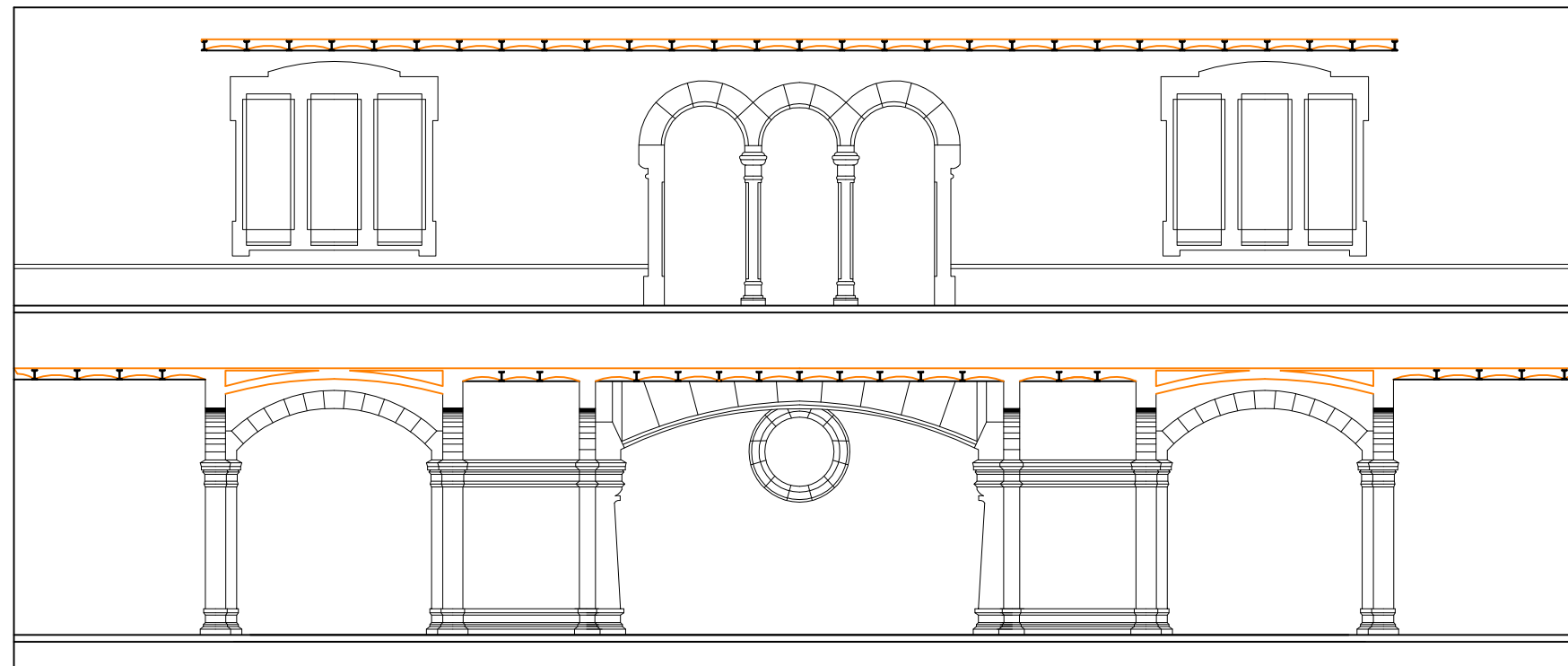


# Hospital clínic

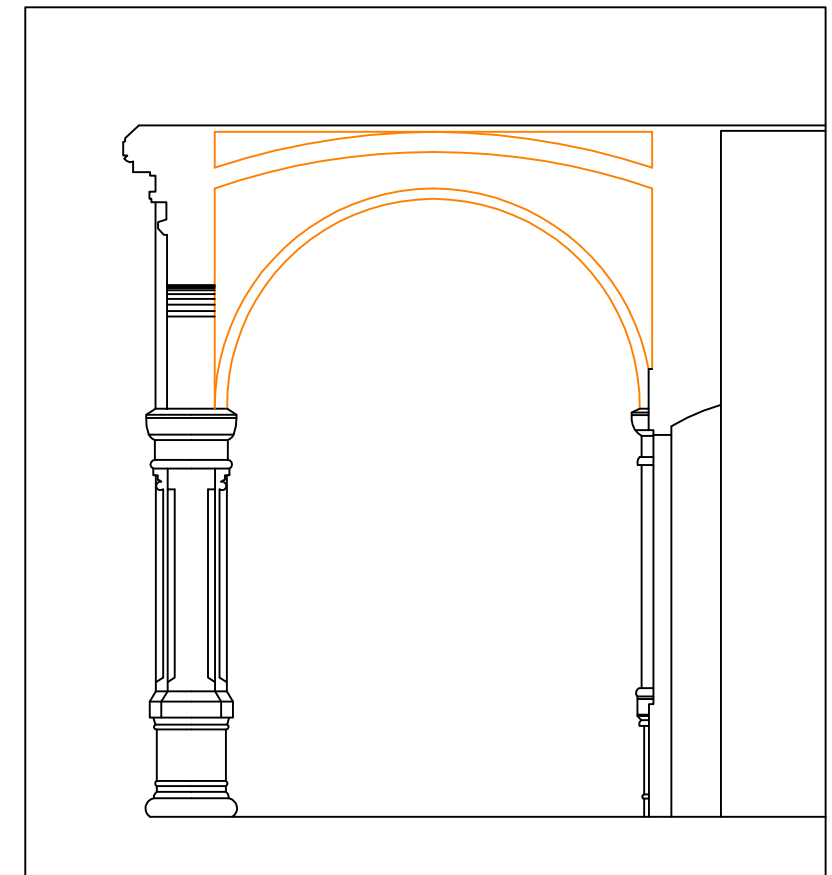
L'Hospital Clínic de Barcelona, és un hospital universitari fundat a l'any 1906. Forma part de la Red d'Hospitals Públics de Catalunya i es tracta d'un dels quatre grans hospitals de referència nacional i regional d'Espanya on la població assignada és de 540 mil habitants. Es tracta d'un hospital d'alta complexitat, que desenvolupa línies d'activitat pels pacients no només de Catalunya, sino també de tota Espanya i a nivell internacional.

La construcció de l'hospital s'emmarca dins del conjunt arquitectònic de l'estil eclèctic de la Facultat de Medicina, combinant estils de distintes èpoques. El projecte va ser realitzat per Josep Domènech Estapà, conformant una de les propostes més innovadores de la Barcelona del principi del segle XX. Del projecte original, només es conserva el cos central de la façana del carrer Casanov, formant un pòrtic columnat coronat per un frontó amb motius legòrics en relleu.



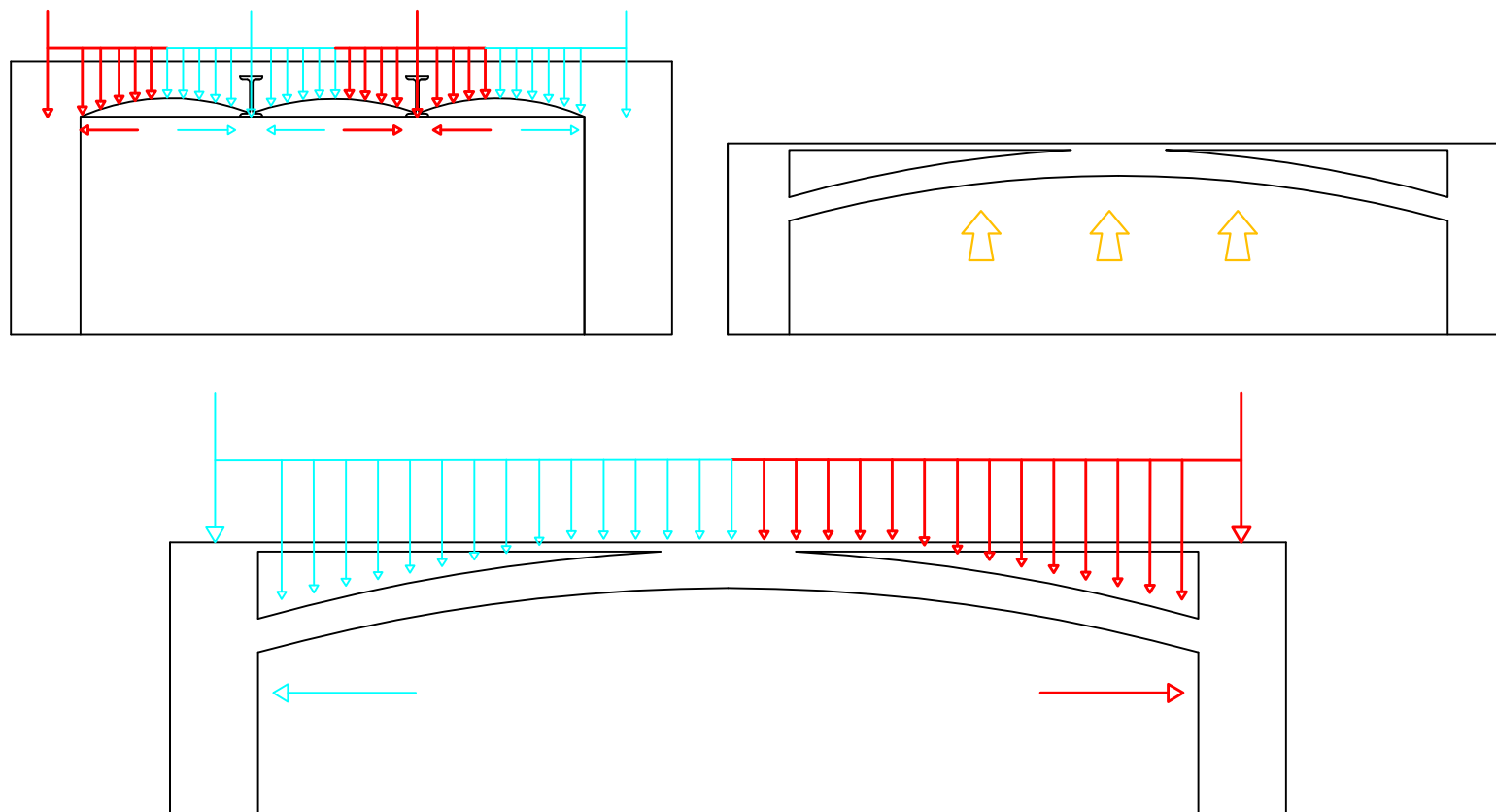


Secció longitudinal de l'hospital. E:1/100

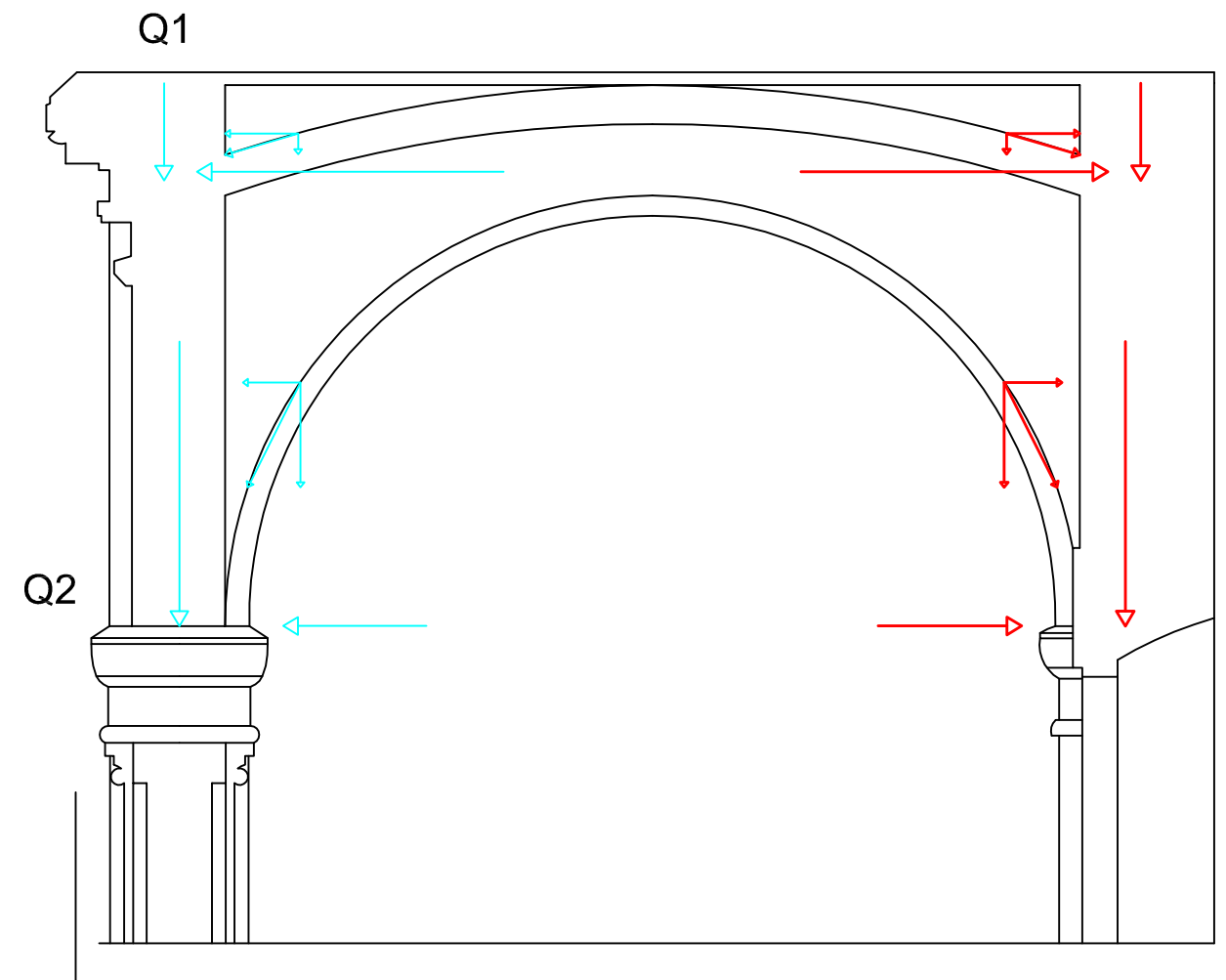
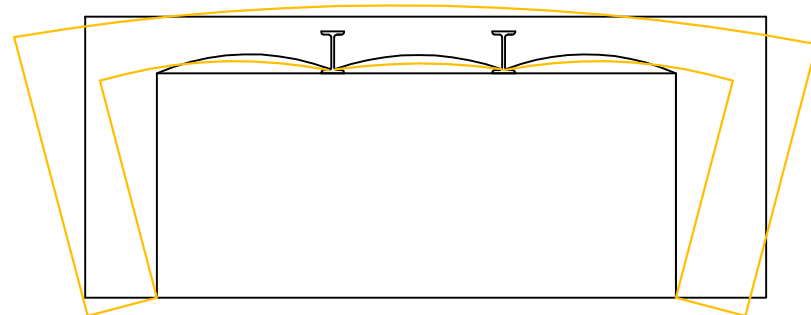


Secció de pòrtic. E:1/100

## Càrregues gravitatòries i vent






## Deformada de la combinació de les càrregues



Q1: La volta transmet un esforç horitzontal major que l'esforç vertical degut a l'altura de la volta.

Q2: En aquest cas on l'altura de la volta és superior, l'esforç vertical que rep el pilar esquerre és molt major a l'esforç horitzontal.

  Càrregues gravitatòries  
 Càrrega del vent



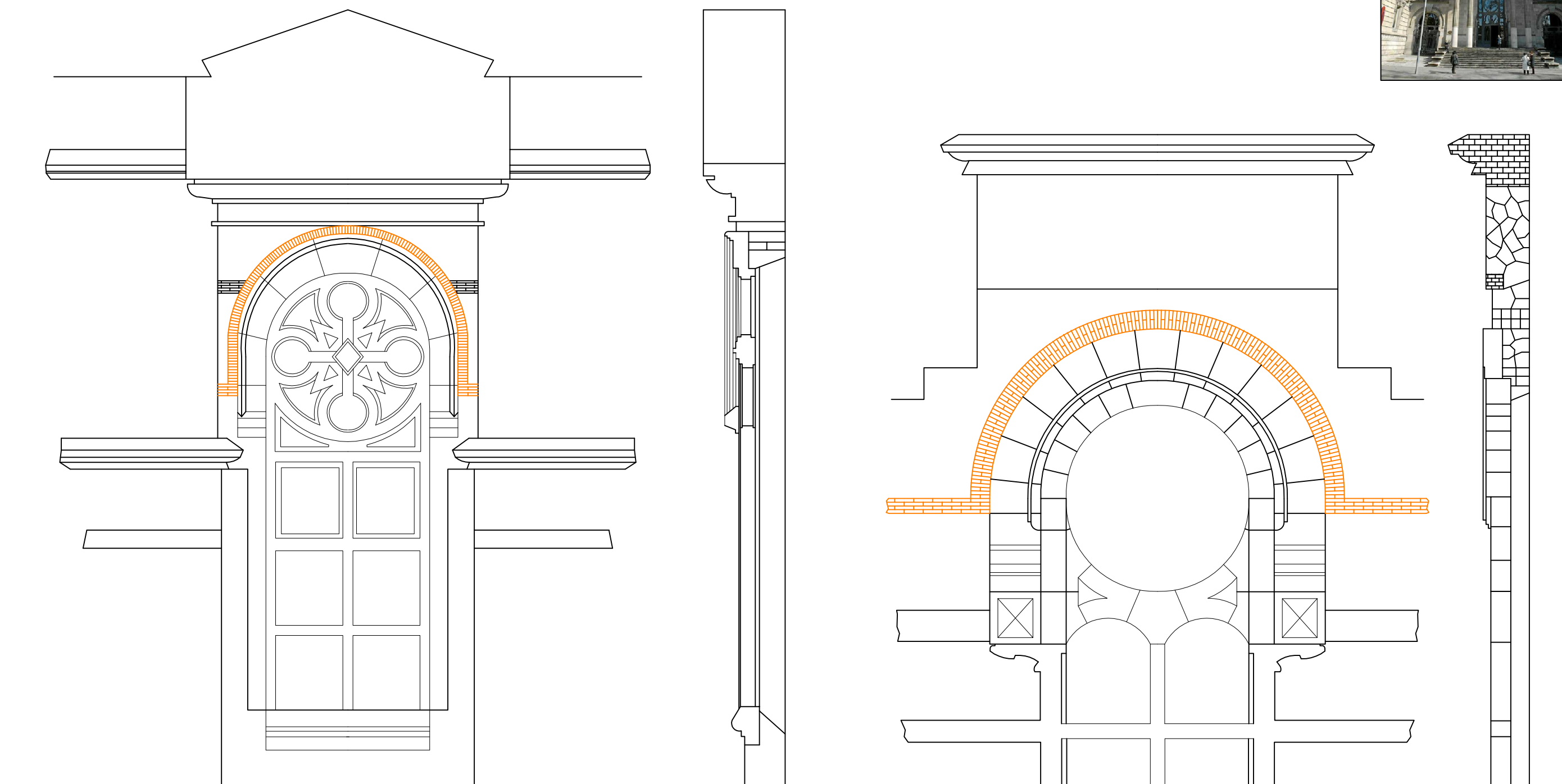


# Presó d'audiència



La construcció de la presó de Barcelona a l'any 1904 va ser imprescindible per l'evolució d'una societat justa. Dissenyada per Salvador Vinyals i Josep Domenech i Estapà, la presó es distribueix en tres grans parts: l'administració, la presó preventiva i la presó penitenciària. La seva capacitat és de 816 presoners i 350 cel·les i disposa de diversos espais com patis interiors, despatxos pels jutges i administratius auxiliars, locutoris i habitacions especials pels processats per delictes polítics.

Encara que la construcció no està resolta amb volta catalana (element estructural bàsic en l'estudi del present Projecte), la complexitat de les façanes han sigut motiu suficient per incorporar aquesta obra a l'estudi.



Alçats de façana i seccions centrals. E:1/50



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Seccions

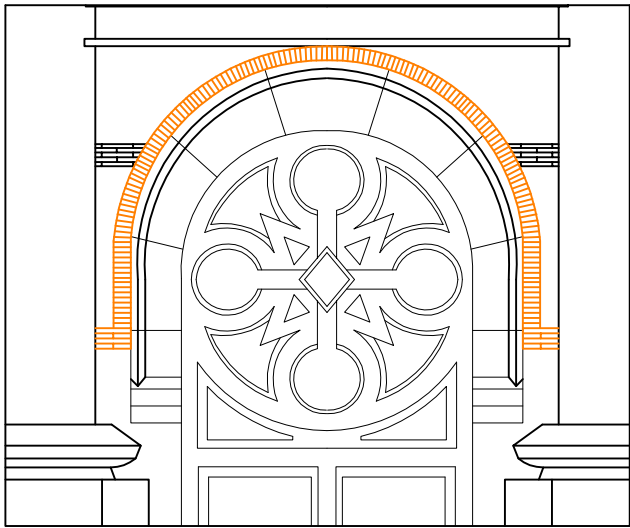
Autor: Josep Domenech i Estapà

Obra: Presó d'audiència

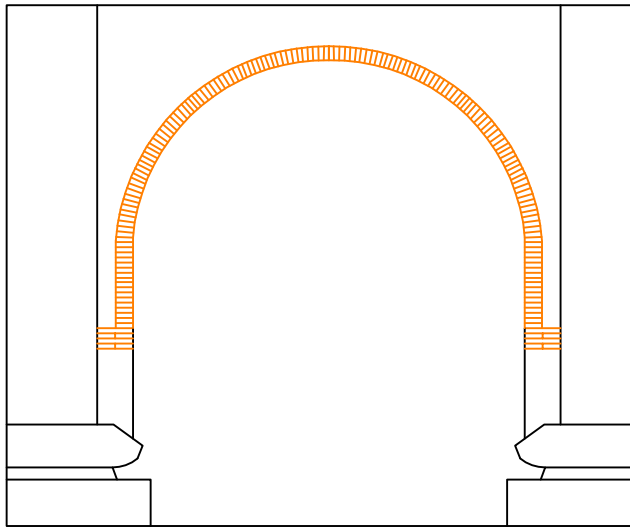
56

Estructuralment, aquesta edificació està resolta amb pedra i no amb ceràmica. Els únics elements que han sigut tractats amb ceràmica són alguns arcs de les façanes, segons els plànols del arxiu del Col·legi d'Arquitectes de Barcelona.

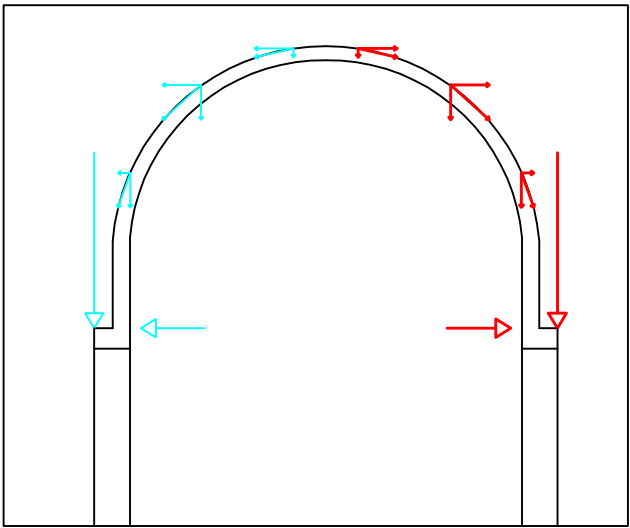
D'aquesta manera s'ha optat per fe un esquema de les càrregues que transmet aquest arc ceràmic a l'estructura de la façana. Per aquesta raó no s'han considerat les càrregues de vent, per tractar-se d'un element decoratiu de façana.



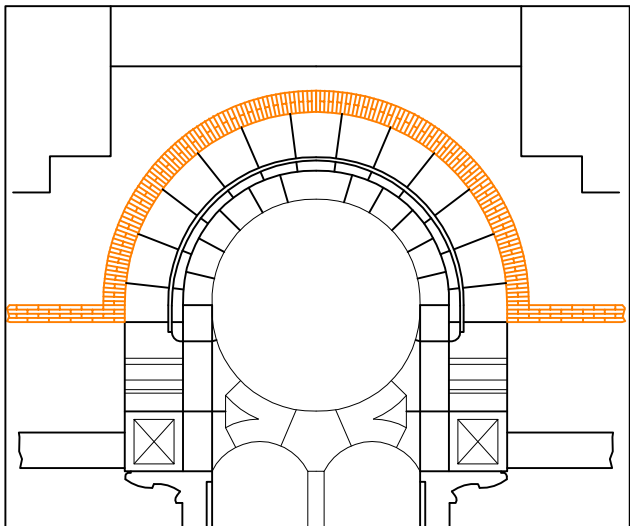
Arc A en façana



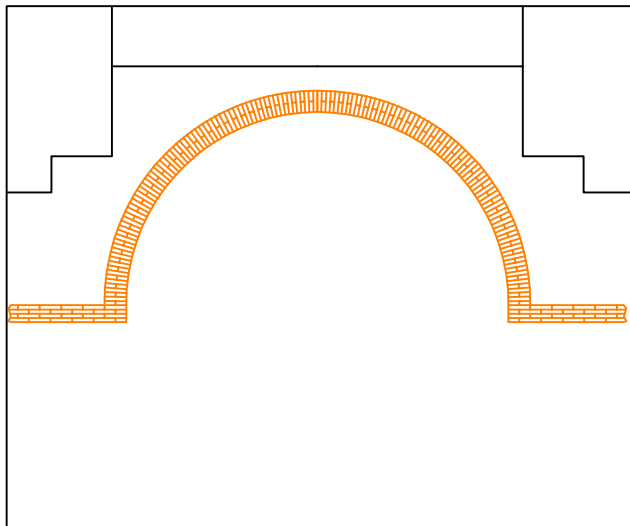
Arc A



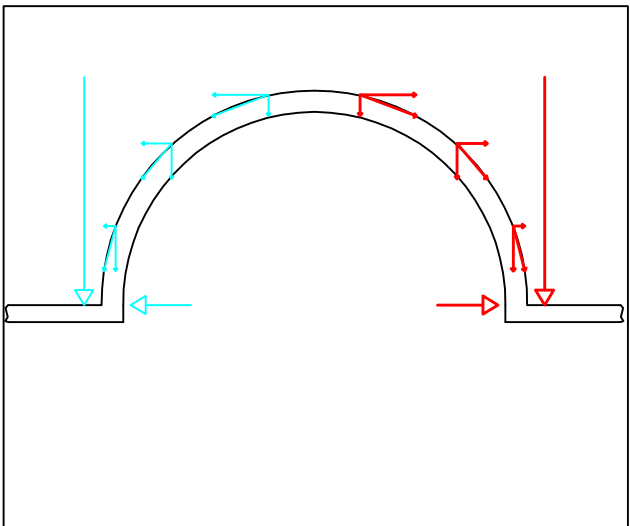
Esquema d'esforços de l'arc A



Arc B en façana



Arc B

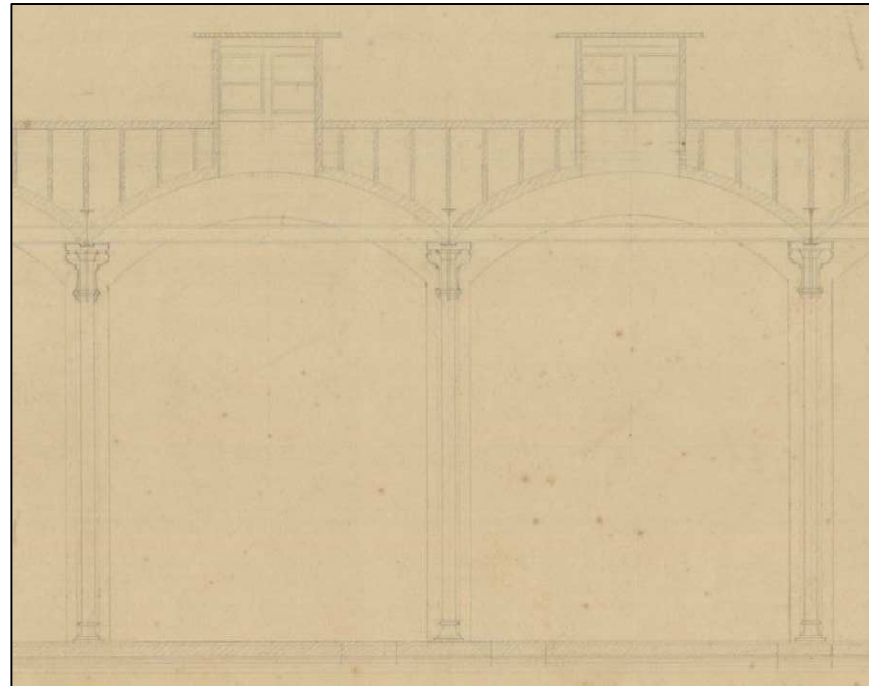


Esquema d'esforços de l'arc B

  Càrregues gravitatòries



# BODEGAS EL AGUILA

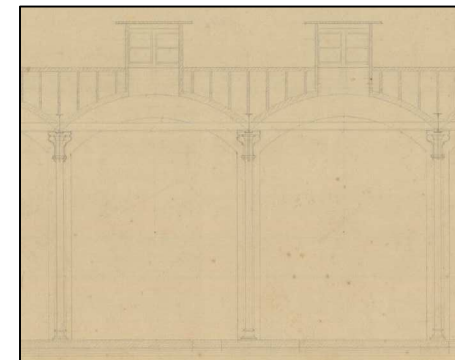
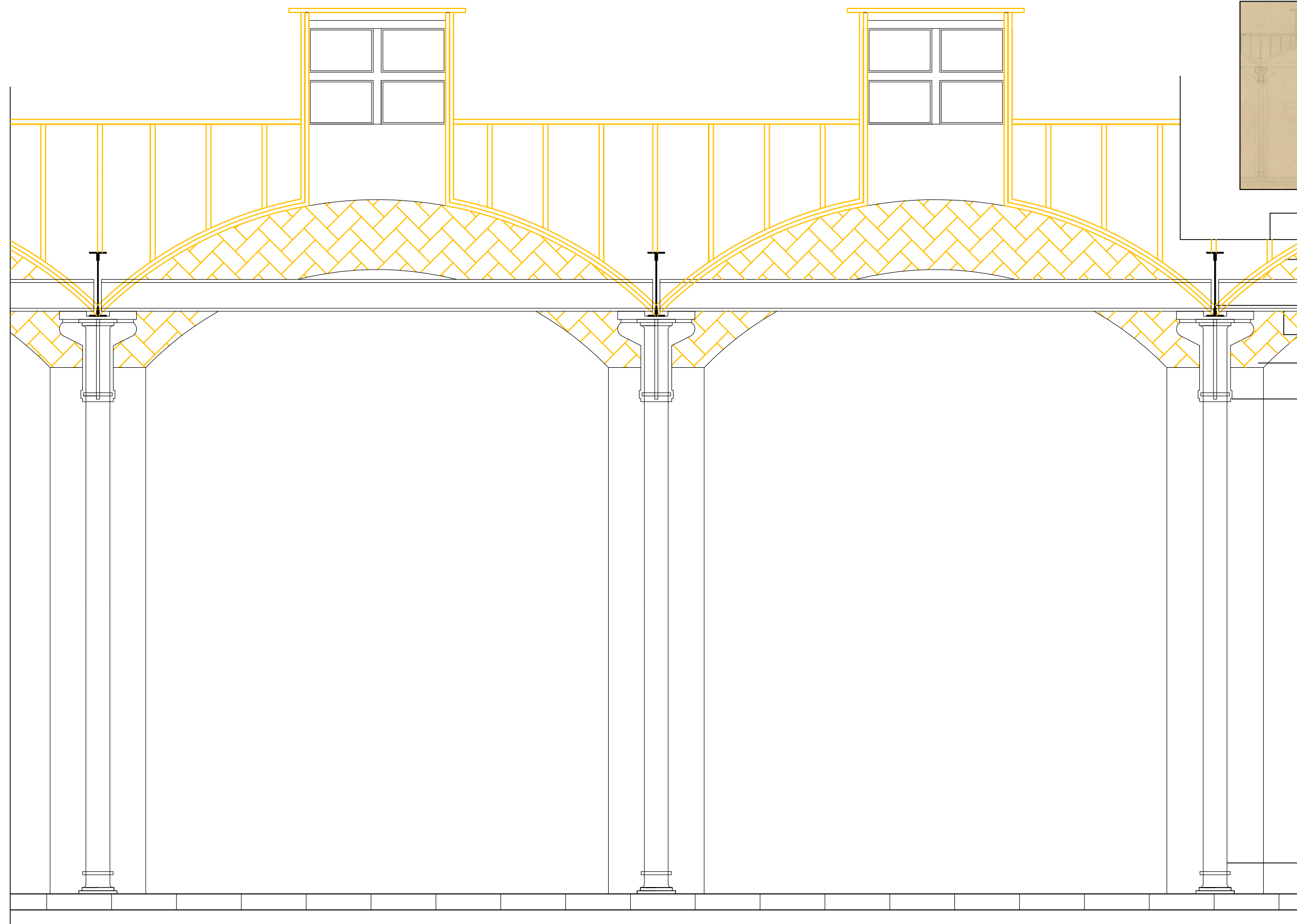


Les Bodegues el àguila de Domenech i Estapà son un encàrrec de la família Àguila dintre del conjunt de tallers i edificis comercials que l'arquitecte va projectar per la família. Malauradament no es conserva molta mes informació dintre dels arxius.

Es tracta de una estructura de pilars circulars buits, pero decorats i amb reforços als extrems i de vigues de tipus IPN sobre les quals es suporten vigues realitzades amb pletines d'acer.

L'estructura de coberta es de volta de maó en tres faixes sobre la qual hi han envans de sostremort de poc espesor que suporten una coberta de grans peces ceràmiques.

De planta quadrada, les voltes inclouen una obertura, també quadrada, de gran tamany que permet l'entrada de llum dintre d'un local de grans dimensions.



Envà de sostremort

Volta de fàbrica de  
2 faixes

Viga metàlica de  
pletines

IPN 200

Coberta de fàbrica

Capitell metàlic

## SECCIÓ VERTICAL

Es tracta de unes  
vultes de planta  
cuadrada.  
Suportades sobre  
vigues metàliques.  
Amb una obertura  
a la zona alta de la  
volta que permet  
l'entrada de llum,

Pilar en forma de  
cilindre metàlic

Paviment de lloses

E 1.100



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'  
Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL  
DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Diaz  
Rubén Sanz Fernandez

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Secció vertical

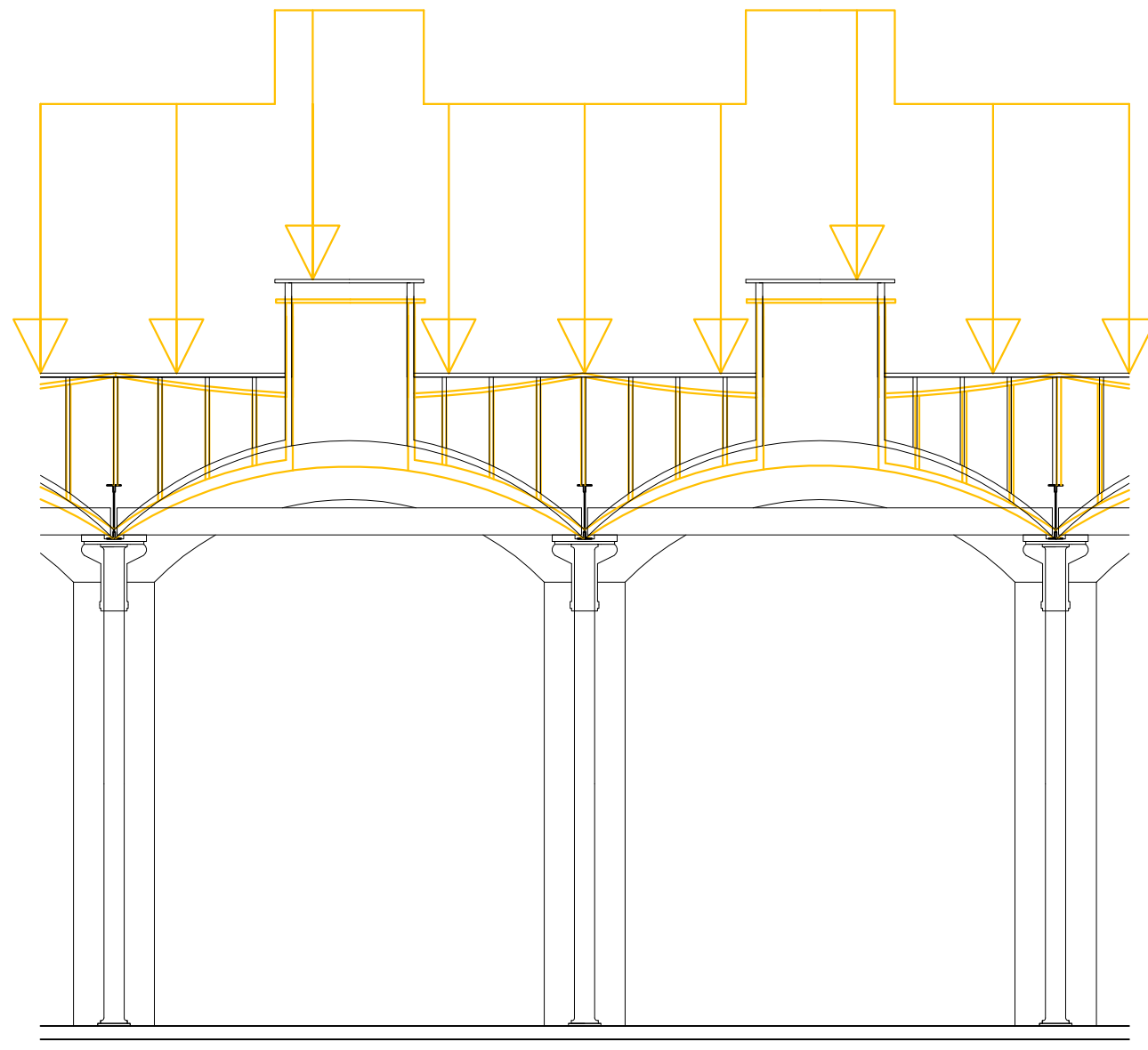
Autor: Domenech i Estapa

Obra: Bodegas el Aguila

59

## ACCIONS VERTICALS

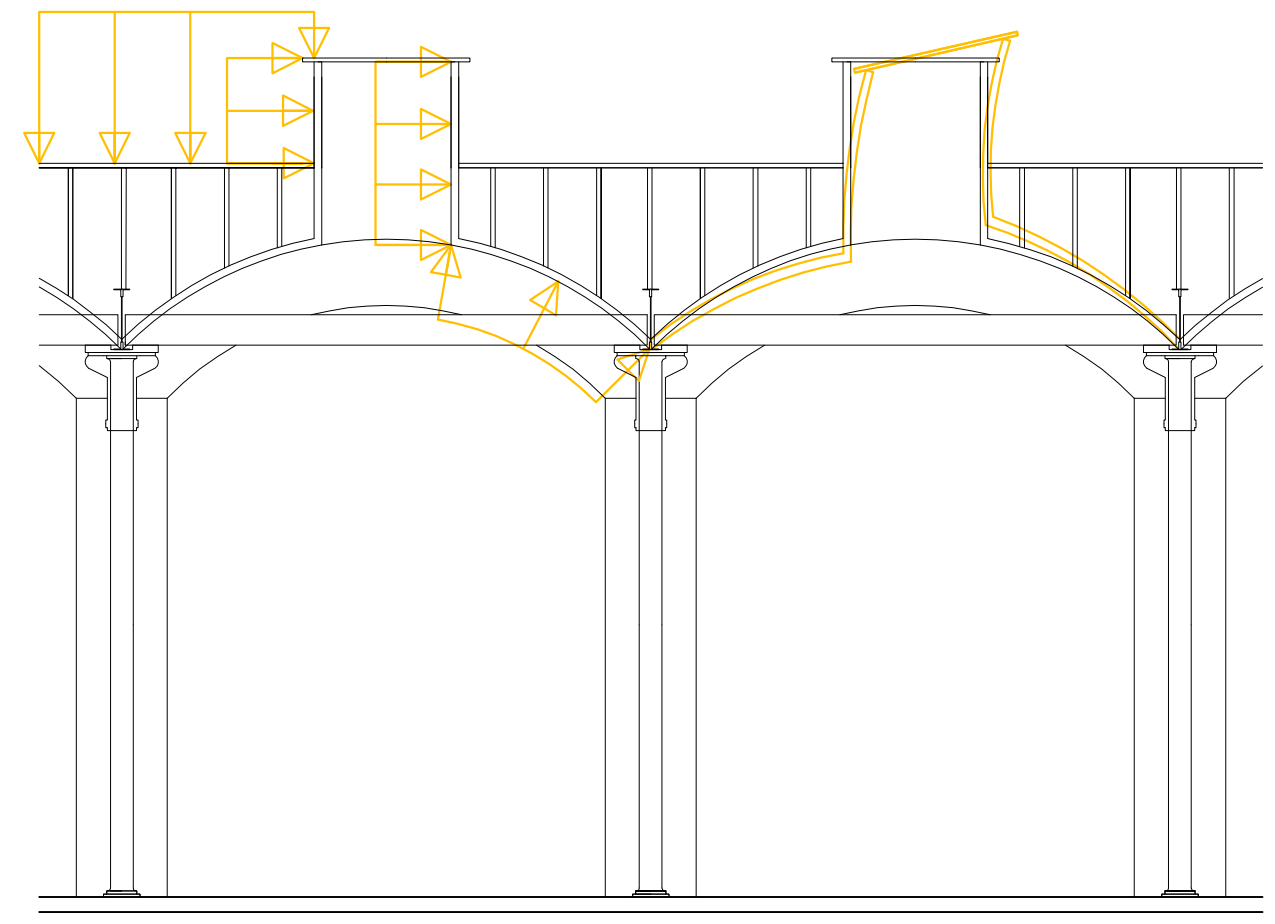
L'empenta horitzontal de les voltes la reben les vigues del perímetre de cada volta. Com tenen empenta pels dos costats aquesta s'equilibra. També es transmet horitzontalment al perímetre de la obertura, on l'empenta de tots quatre costats fa possible que no es trenqui la volta.



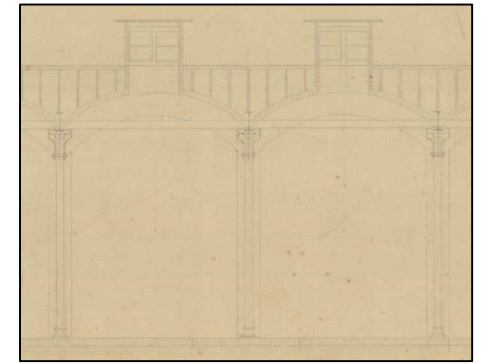
Accions Verticals

## REACCIÓ AL VENT

En cas de que el vent empenti desde dins la fabrica treballarà a flexió en la totalitat de les zones. Els envans de sostremort realitzarien una funció de travesera.



Vent





# JERONI MARTORELL I TERRATS



Jeroni Martorell i Terrats  
(Barcelona 1876 - 19651)

Jeroni Martorell neix a Barcelona l'any 1876. L'any 1903 es gradua com a arquitecte a la facultat de Barcelona, on va començar a projectar obres de nova planta amb gran interès en el llenguatge modernista.

Durant els primers anys d'activitat professional, va realitzar una sèrie d'edificis modernistes, on va aplicar els seus coneixements de ferro i volta catalana, combinant-los amb elements historicistes i altres d'inspiració sezessionista.

La seva labor com restaurador de monuments i defensor del patrimoni monumental es considerada fonamental, tant per Catalunya com a la resta de l'Estat.

Va ser director del Servei de Conservació de Monuments i des de 1929 va ser arquitecte conservador de monuments del Ministeri de Instrucció Pública. Va participar en la restauració de monuments com la casa del Canònics i la casa dels velers, a Barcelona. Va intervenir en els monestirs de Poblet, Sant Cugat i Sant Pere de Rodes, en esglésies de Sant Pere de Terrassa i les muralles de Montblanc.

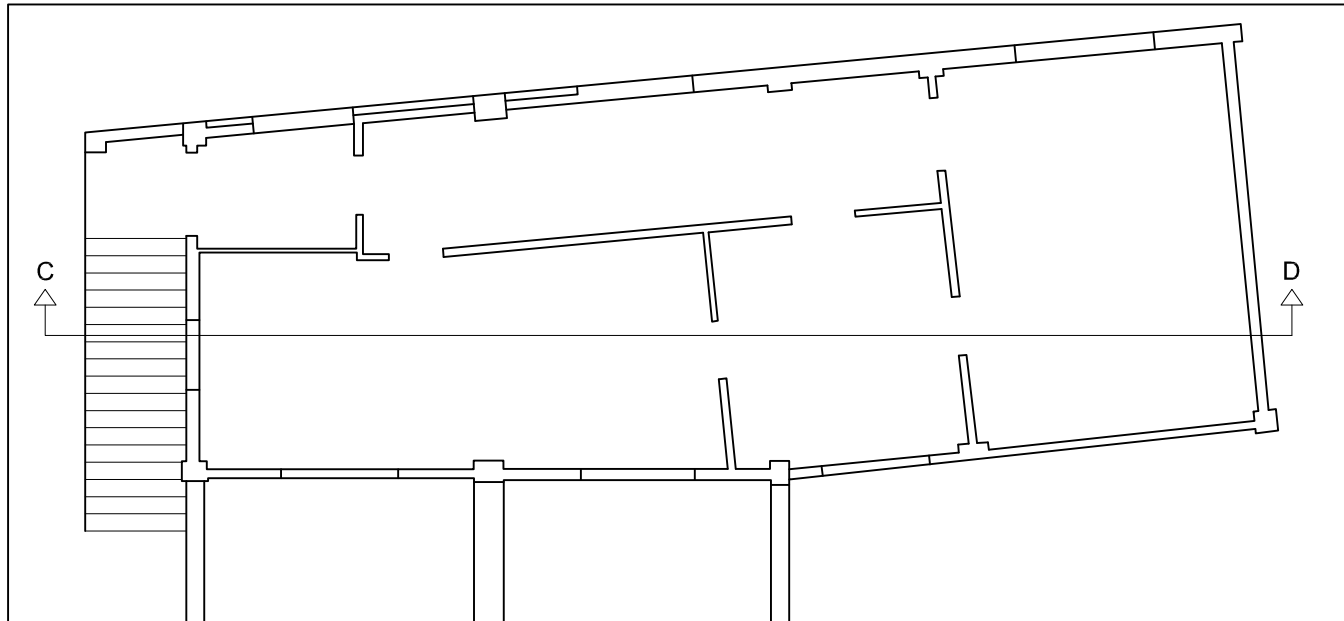
Unes de les seves obres mes representatives son: La casa Blanxart de Granollers, l'edifici de la caixa d'estalvis de Sabadell, La Bodega de la cooperativa Alella Vinicola i l'escola industrial d'arts i oficis de Sabadell.

# Celler alella vinicola

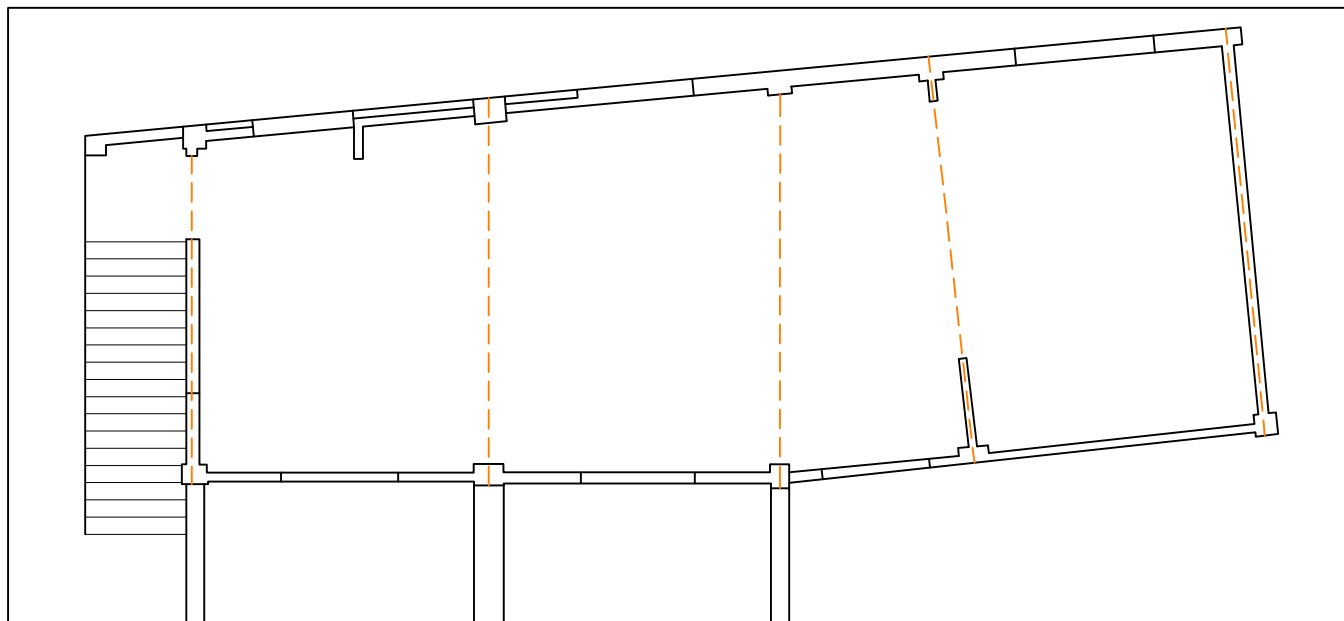
Alella Vinícola és un celler situat a 15 km de Barcelona, a la població d'Alella. Des de 1906 aquest celler ha donat un gran prestigi a la seva població gràcies a la qualitat dels seus vins. Va ser fundada com una societat cooperativa en resposta a la plaga de la filoxera que va acabar amb tota l'activitat vitivinícola de la zona. Jeroni Martorell, seguint la creativitat d'Antoni Gaudí, va dissenyar la construcció del celler basant-se en el corrent artístic de l'època: el modernisme.

Aquesta construcció es defineix mitjançant una successió d'arc recolzats per esveltes columnes que unifiquen diferents espais del celler. L'element que uneix aquestes particions és la volta catalana, que es recolça en perfils IPN amagats en la fàbrica.

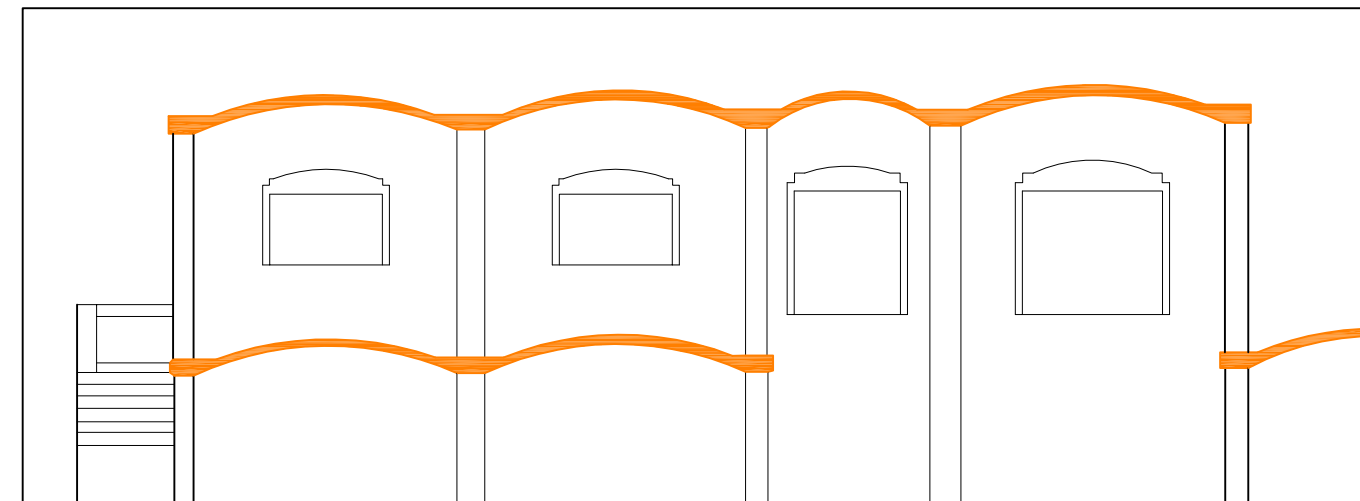




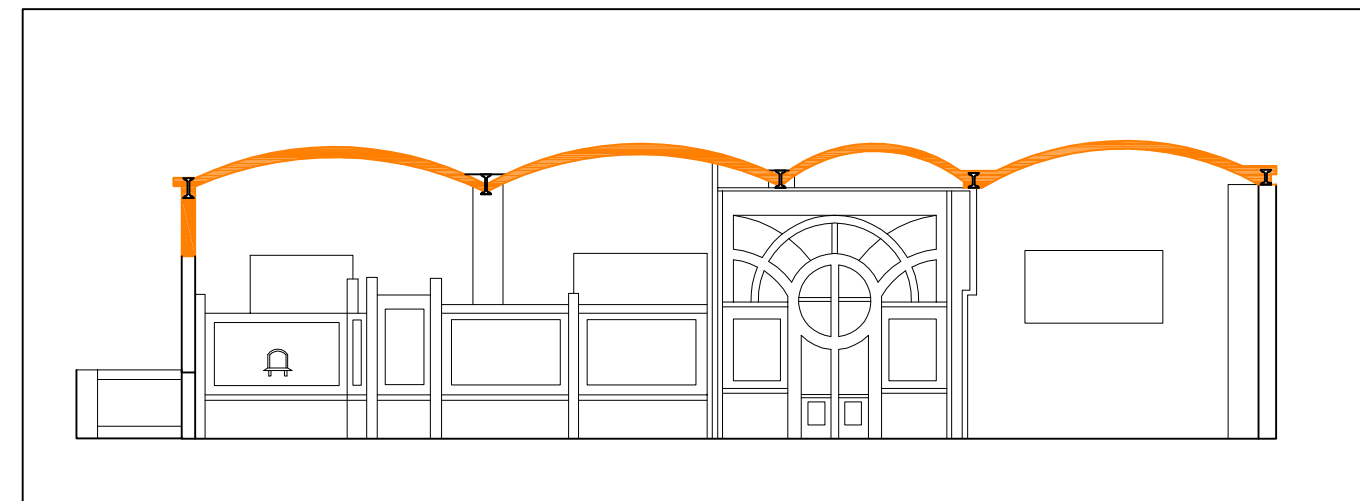
Planta. E:1/100



Situació de pòrtics. E:1/100



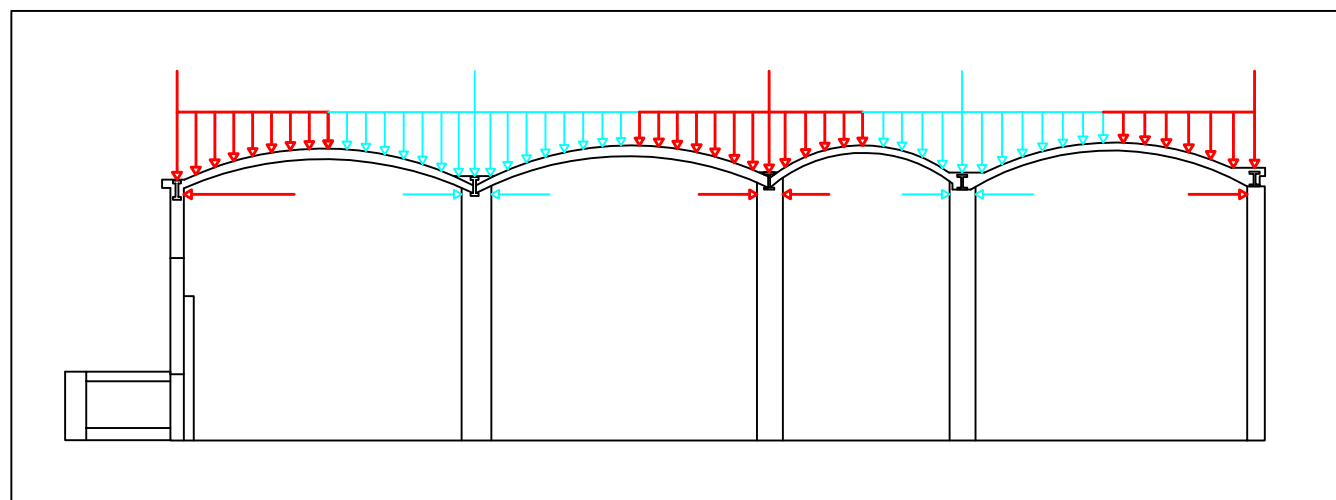
Alçat. E:1/100



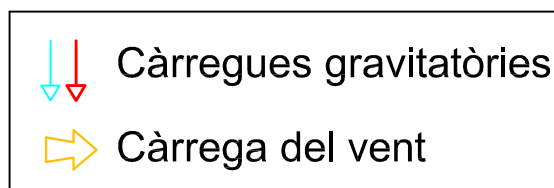
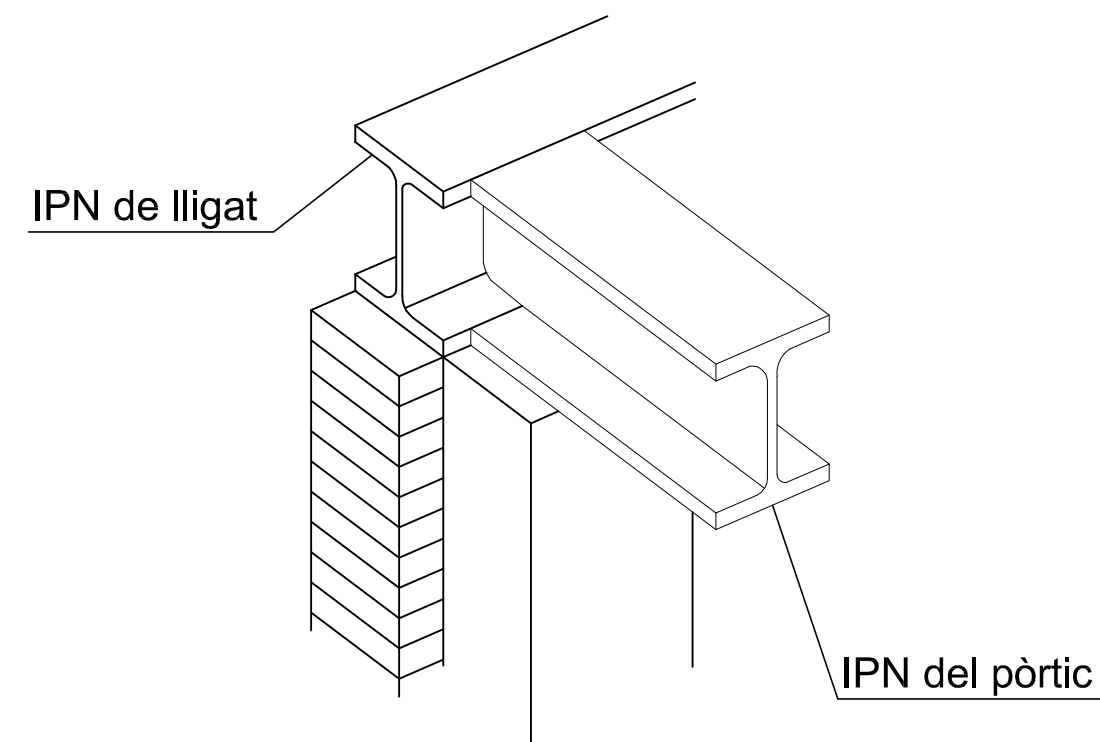
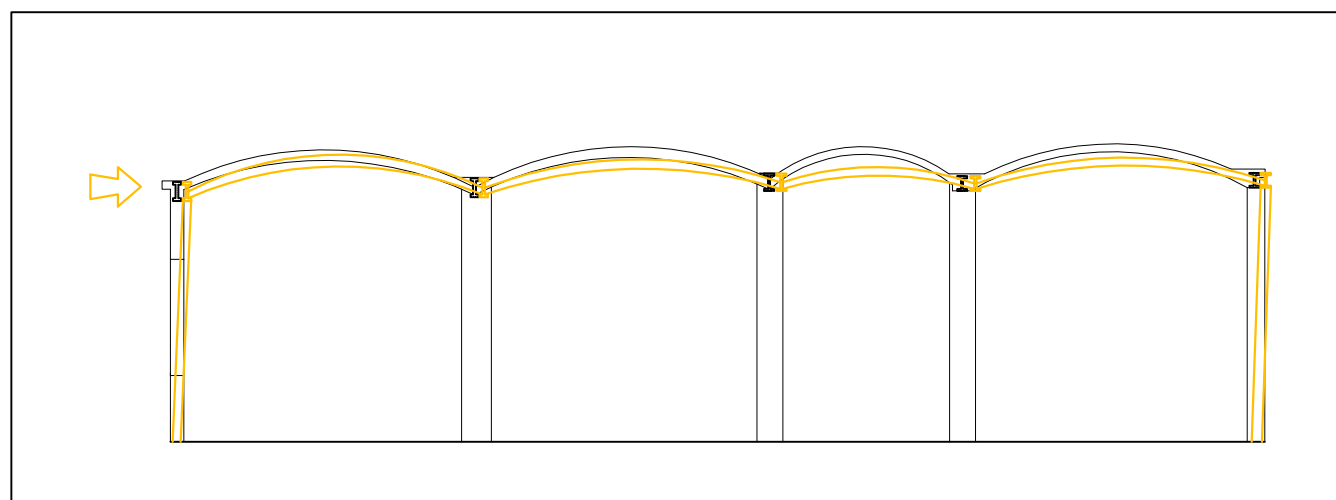
Secció A-B. E:1/100



Càrregues gravitatòries. Les càrregues de la volta es transmeten al pilar mitjançant una càrrega vertical i una càrrega horitzontal repartides.



Càrrega del vent. En el sentit perpendicular als pòrtics la càrrega del vent podria moure les bigues metàl·liques, per això cal executar unes bigues de lligat transversals que connecti totes les bigues dels pòrtics.



# DOMENECH SUGRANYES GRAS



Domenech Sugranyes Gras  
(Reus 1878 - Barcelona 1938)

Domènec Sugrañes i Gras neix a Reus l'any 1878. Avans d'ingresar a l'escola d' Arquitectura va estudiar certes assignatures de ciències a la Universitat. L'any 1905, quan cursava l'últim any dels seus estudis d'arquitectura va conèixer a Gaudí, participant des d'aquell moment amb el mestre en la major part de les seves obres: la Pedrera, el Ballesguard, la Finca Miralles i especialment a la Sagrada Família, tasca que va desenvolupar fins la seva mort. Això va motivar que no finalitzés els seus estudis fins l'any 1912.

A part de les seves col·laboracions amb Gaudí, va dissenyar i dirigir la construcció de gran nombre d'elegants edificis d'estil modernista i d'avantguarda en la dècada dels anys vint i trenta.

Entre els edificis dissenyats per Sugrañes destaquen l'Escola dels Escolapis de Balma, l'Hotel Diagonal Tuset, la plaça de Braus de la Monumental, obra de més importància arquitectònica degut a la seva intenció monumentalista, i que ocupà tota una illa de l'Eixample. Edificis a Capellades: l'escola pública, a Mollet del Vallès: la farinera Moretó, a Reus: el Mas Llevat, la reforma de la Casa Pellicer, a Salou: xalets a primera línia de mar, el complex "Sol i Mar".

A més de les seves creacions, cal destacar que va ser professor de l'Escola del Treball de Barcelona, creada per la Mancomunitat de Catalunya, a l'Escola d'Arquitectura, a l'Ateneu Polític, fins i tot en les Escoles de la Sagrada Família.

# LA MONUMENTAL



La monumental es una plaça de toros de la ciutat de Barcelona, inaugurada el 1914 y posteriorment restaurada.

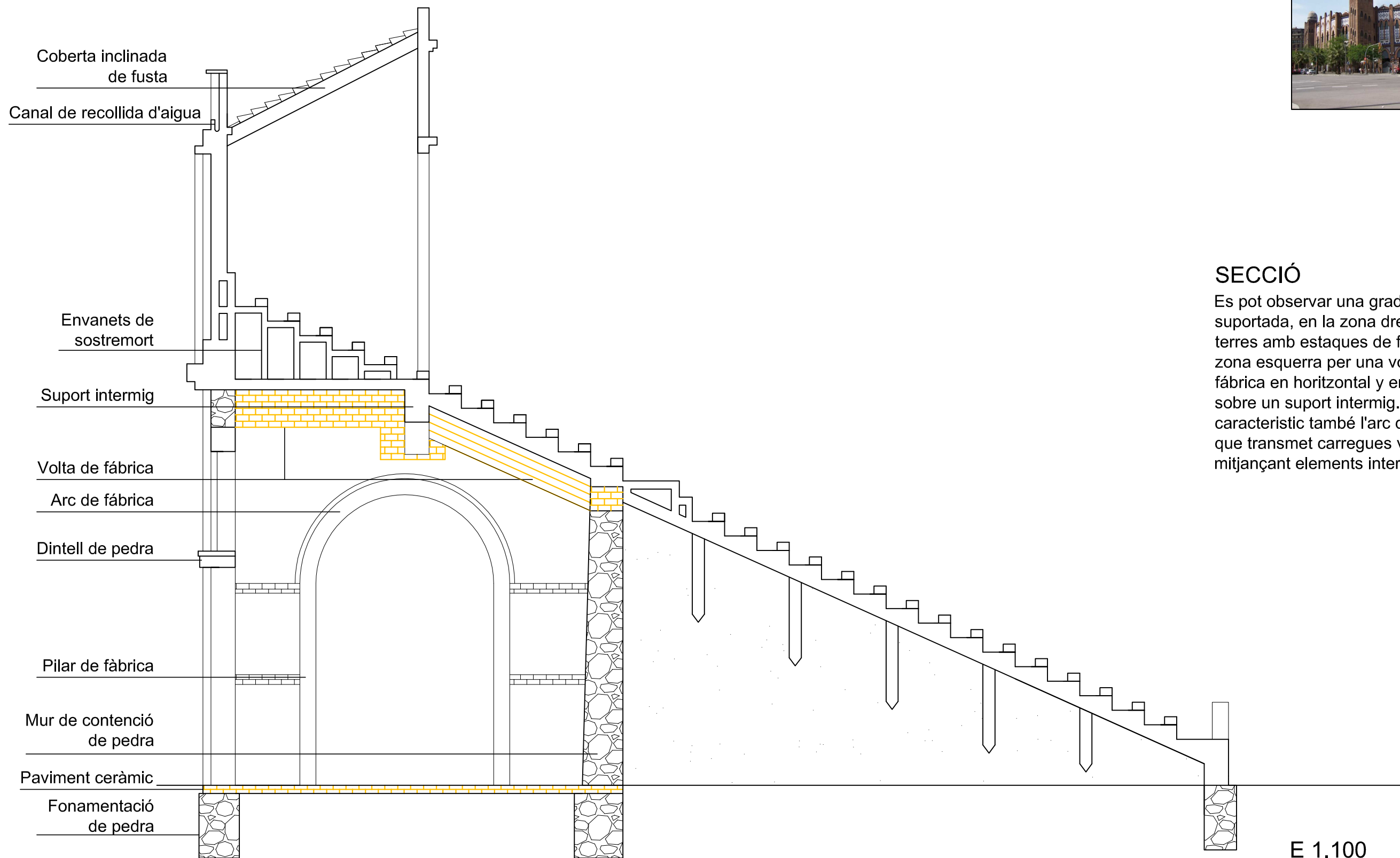
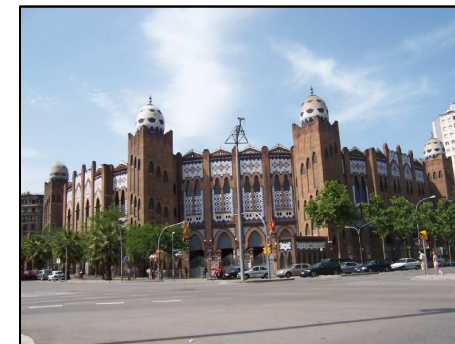
La construcció principal es la graderia en planta circular que rodeja el escenari on es realitza l'espectacle.

Aquesta està formada per: un primer tram sobre un talús de terres i unes estakes de fusta que eviten el moviment de la base, el segon tram està sobre una volta de fàbrica que es divideix en dos trams, un de oblici altre horitzontal en la zona més exterior.



Sobre la graderia alta, de l'extrem existeix una coberta amb estructura de fàbrica de maó y forjat de fusta amb entrevigat ceràmic.





## SECCIÓ

Es pot observar una graderia suportada, en la zona dreta per terres amb estacs de fusta y en la zona esquerra per una volta de fàbrica en horitzontal y en oblic sobre un suport intermig. Es característic també l'arc de fàbrica que transmet carregues verticals mitjançant elements intermitjos.



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

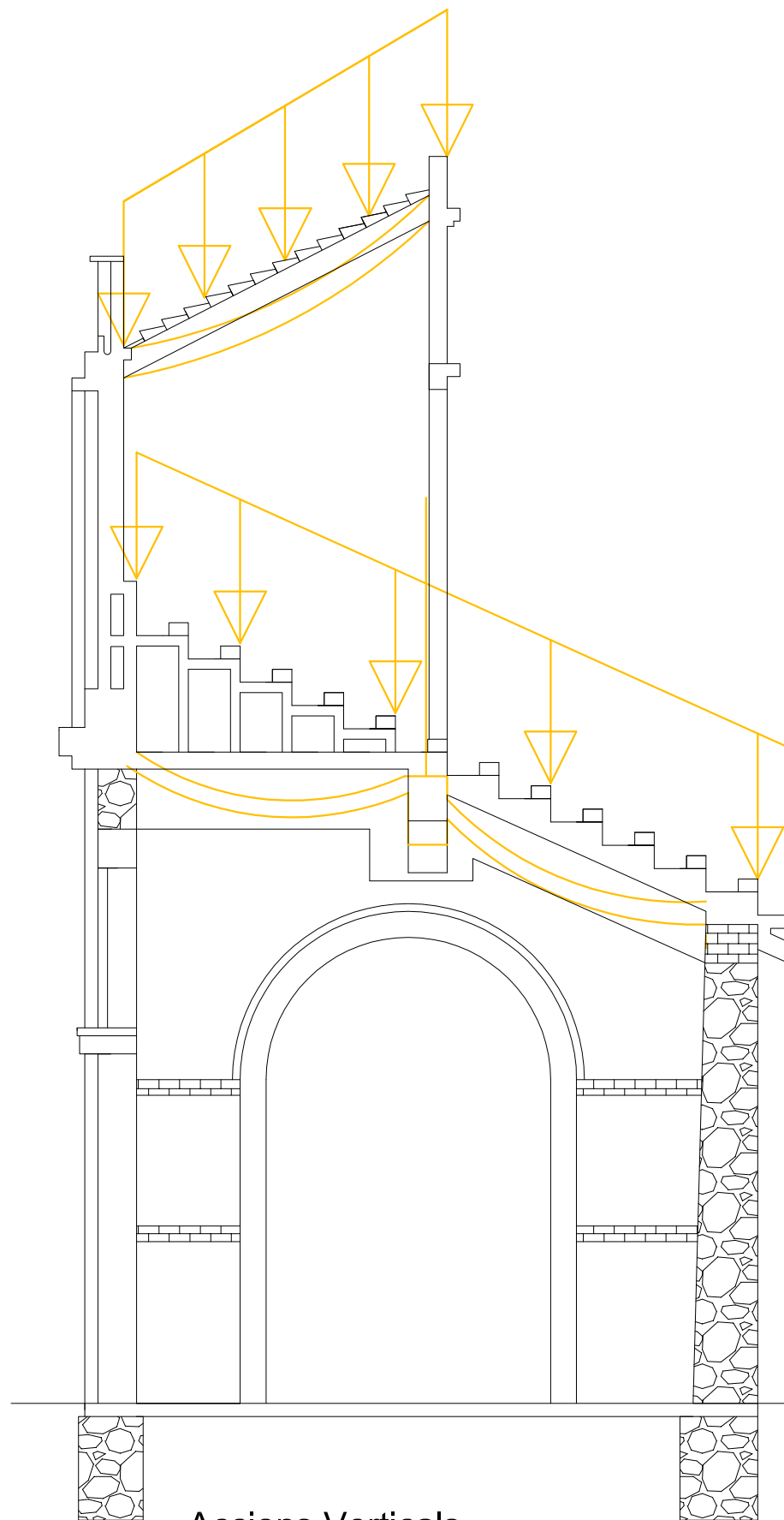
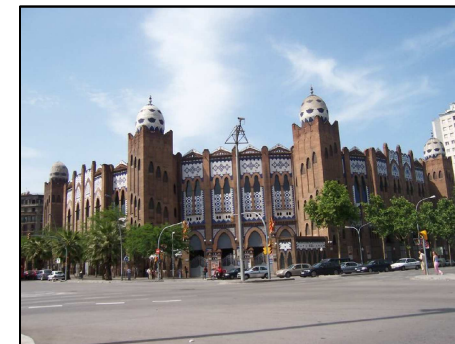
Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Secció constant cos plaça

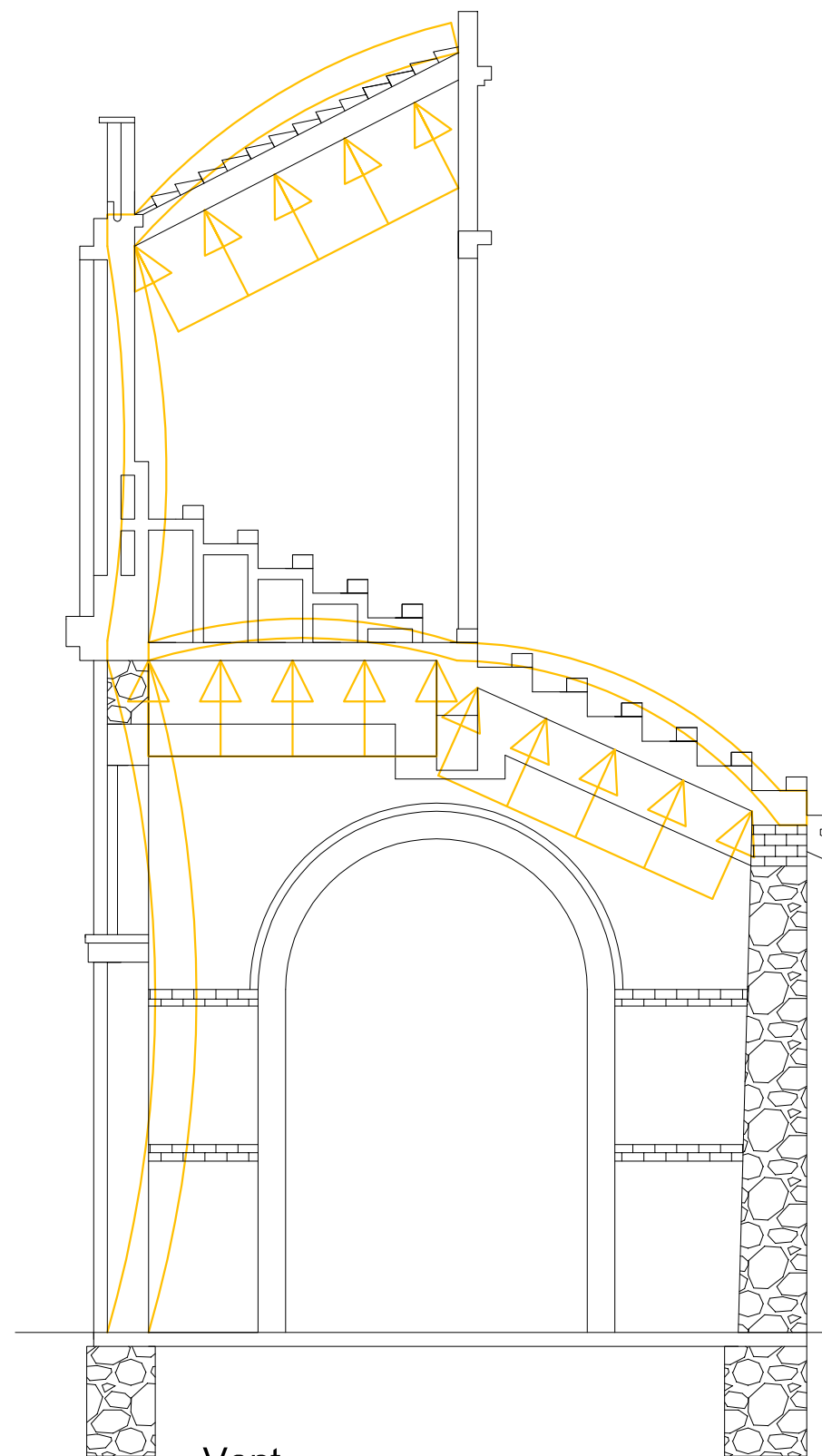
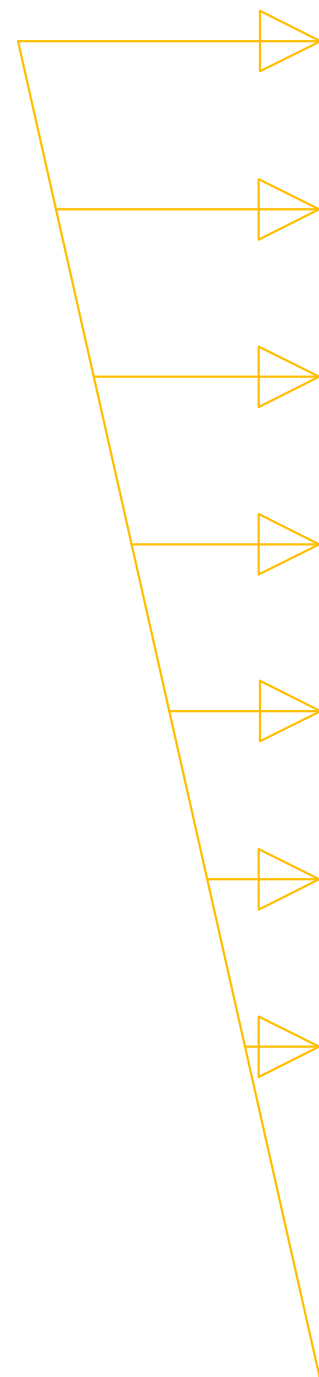
Autor: Domenech Sugrañes

Obra: La Monumental

67



Accions Verticals



Vent

## ACCIONS VERTICALS

Les carregues provenen en gran manera de les persones que es sentin a les grades. L'element intermig a la volta es fa clarament necessari degut al canvi de pla y a l'excès de càrrega. El pes propi de la coberta crea forces horitzontals que son suportades pel contrafort de la zona superior.

## REACCIÓ AL VENT

Degut a l'alçada de la façana la força del vent en perpendicular esimportant, Aquesta es suportada per el forjat de volta. El vent per sota de la coberta pot fer que s'elevi.

# ESTEVE TERRADES ILLA



Esteve Terrades Illa  
(Barcelona 1883 - Madrid 1950)

Esteve Terrades i Illa neix a Barcelona l'any 1883. L'any 1898 ingressa a la Facultat de Ciències de la Universitat de Barcelona i es gradua al 1904, obtenint posteriorment dos doctorats, un en física i l'altre en matemàtiques.

Al 1907 Terrades guanya la càtedra d'Acústica i Òptica a Barcelona i quatre anys després acaba formant la Secció de Ciències de l' Institut d'Estudis Catalans, que tenia per missió reorientar la vida científica Catalana.

L'any 1916, passa del camp de la ciència al camp de la tècnica, quan guanya el concurs de director dels serveis telefònics de la Mancomunitat. Al 1918, Terrades s'encarrega d'organitzar l'Oficina de Ferrocarrils Secundaris.

Amb l'encàrrec que li va fer Puig i Cadafalch al 1919, amb la finalitat de resoldre el càlcul de les voltes, Terrades va reunir les seves anotacions i càlculs en una llibreta anomenada "La Llibreta de la volta", que avui dia es troba al Institut d'Estudis Catalans. Amb aquest estudi, Terrades va ser el primer en intentar un anàlisi elàstic de la volta i examinar els problemes d'equilibri elàstic que es produïen, especialment el de vinclament. Tot i així, va fracassar, degut a la gran complexitat de les equacions d'equilibri.

Unes de les seves obres més representatives son: els ferrocarrils de la Mancomunitat de Catalunya i el ferrocarril metropolità transversal de Barcelona.



# Estació Plaça Universitat

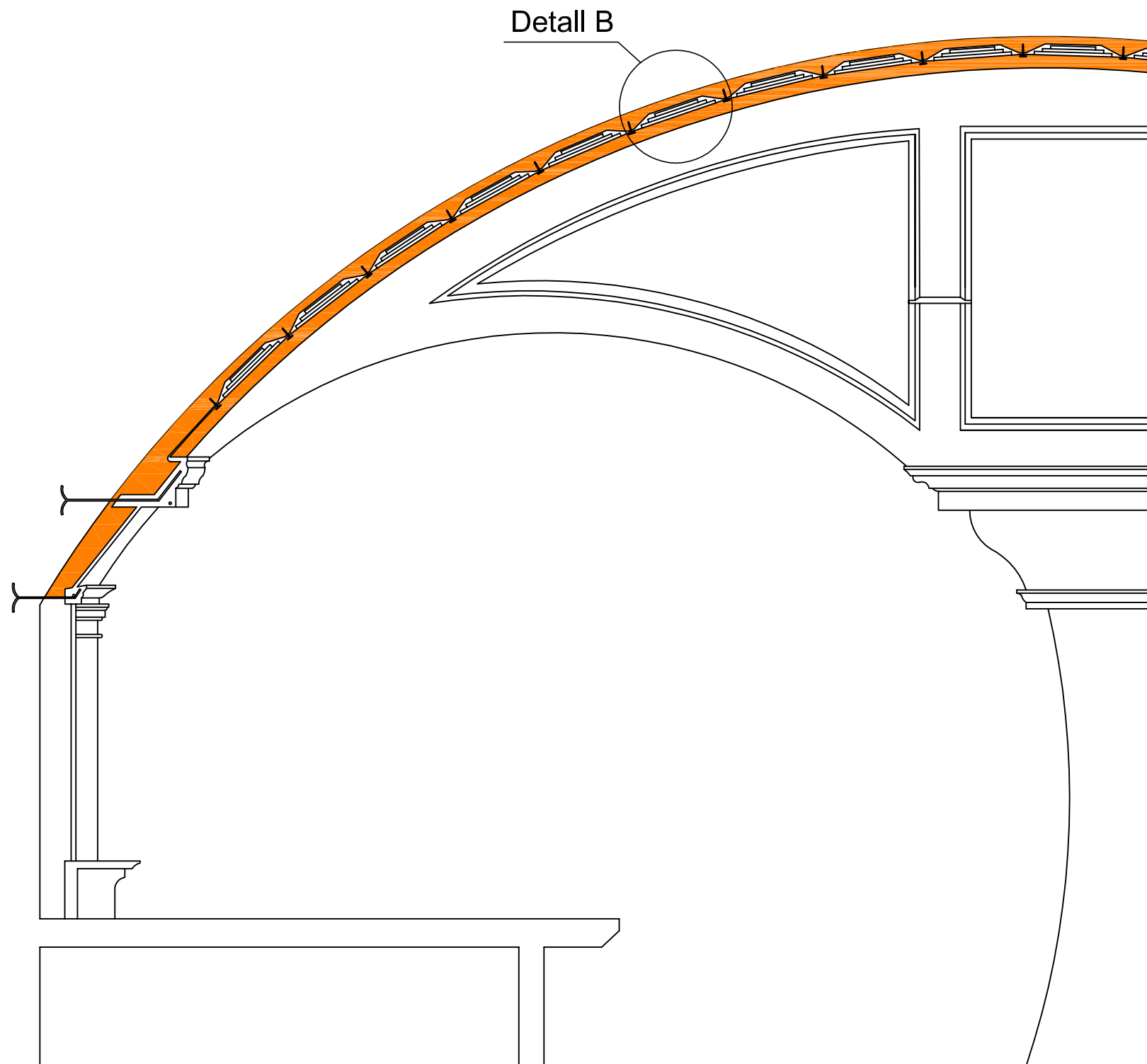


Esteve Terrades va ser director d'obres dels Ferrocarrils de la Mancomunitat de Catalunya, i a partir de l'any 1923 va començar a dirigir i projectar la construcció del Ferrocarril Metropolità Transversal de Barcelona, inaugurat l'any 1926. En aquest procés, Esteve Terrades introduí al nostre país el mètode alemany de construcció de túnels per ferrocarrils.

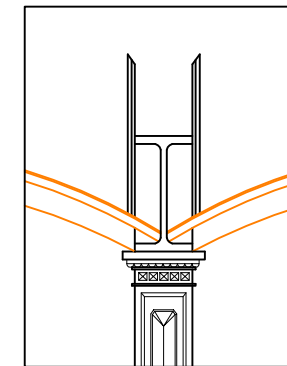
L'estació de Plaça Universitat va ser una de les seves obres, encara que les més importants van ser les estacions de Plaça Catalunya i Plaça Espanya. Malauradament, l'Institut d'Estudis Catalans de Barcelona només conserva diverses plantes i alçats d'aquestes dues estacions, deixant les seccions interessants de la volta catalana únicament en l'estació de Plaça Universitat.



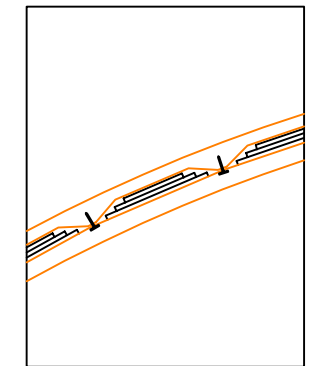
L'obra està construïda mitjançant voltes catalanes, tant als passadissos com a l'andana, on les voltes arriben a unes longituds de 25 metres d'arc. Aquestes es recolcen sobre uns perfils IPN amagats a la fàbrica i que cobreixen les llums de pilar a pilar.



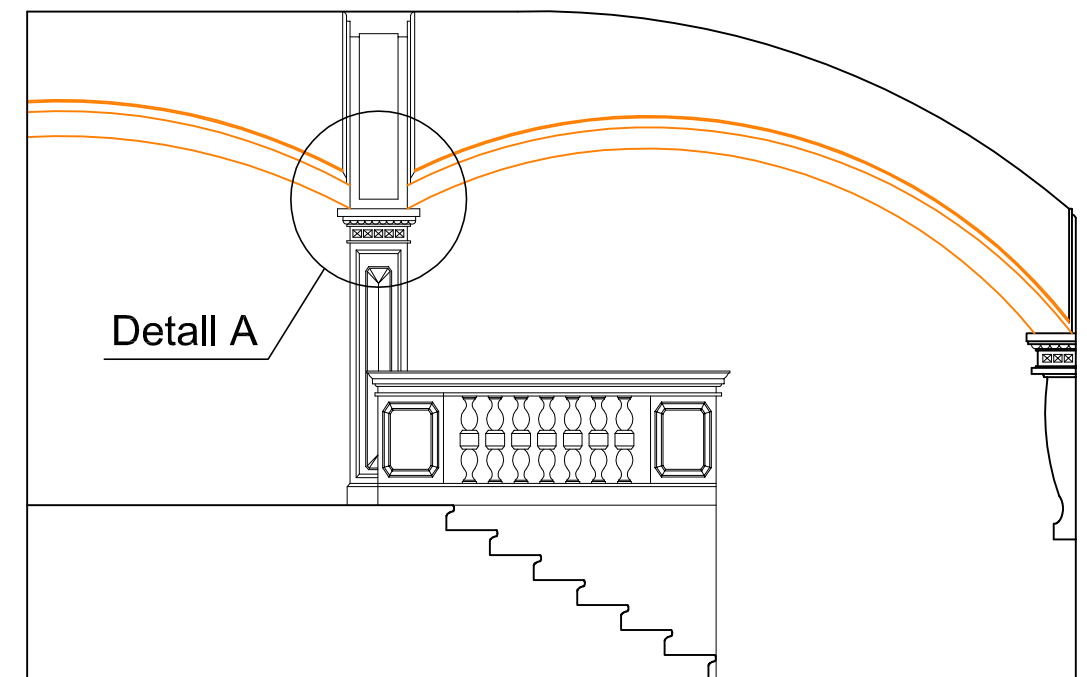
Secció transversal de l'andana i túnel. E: 1/50



Detall A

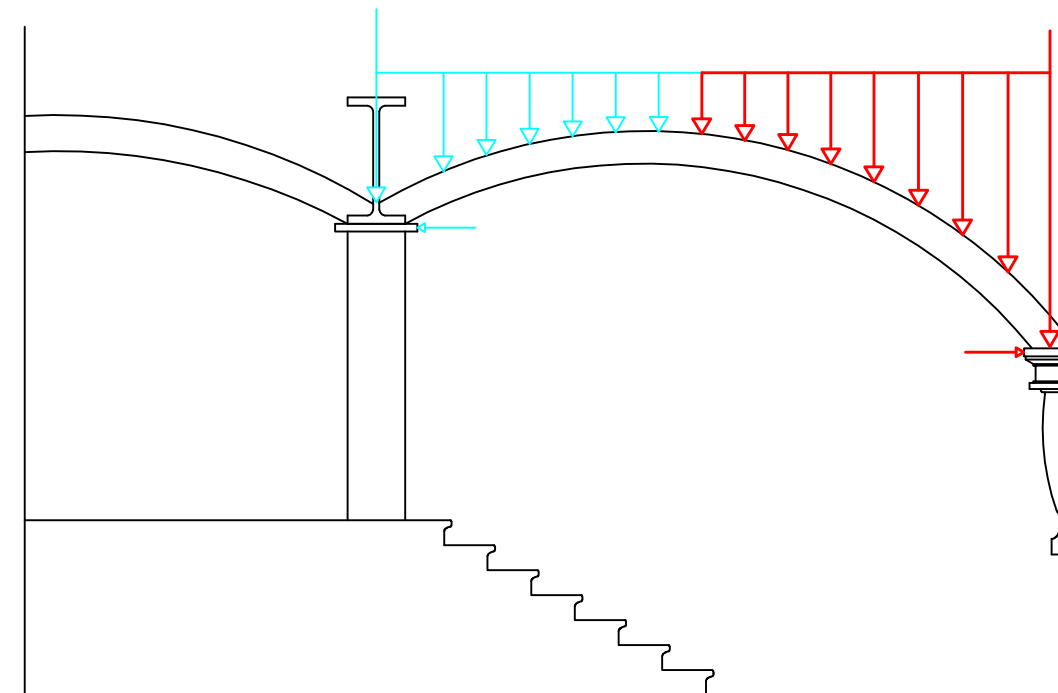
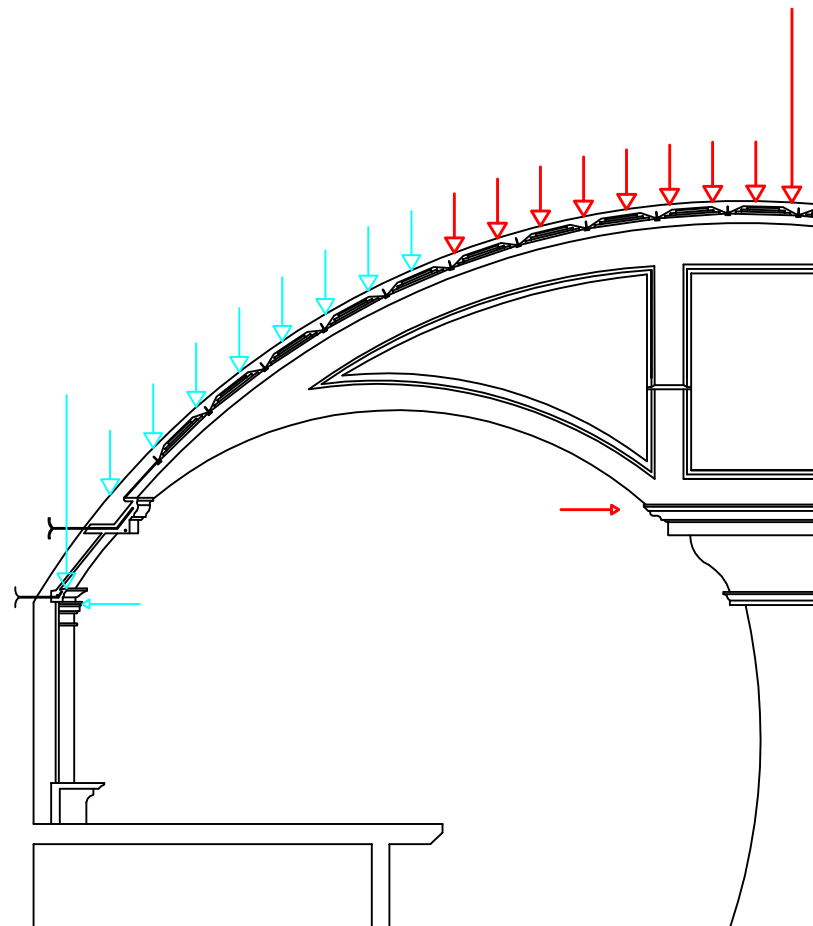


Detall B






Secció pas de vianants. E: 1/50

## Càrregues gravitatòries



Les càrregues del vent no s'han tingut en compte per tractar-se d'una construcció sota rasant.

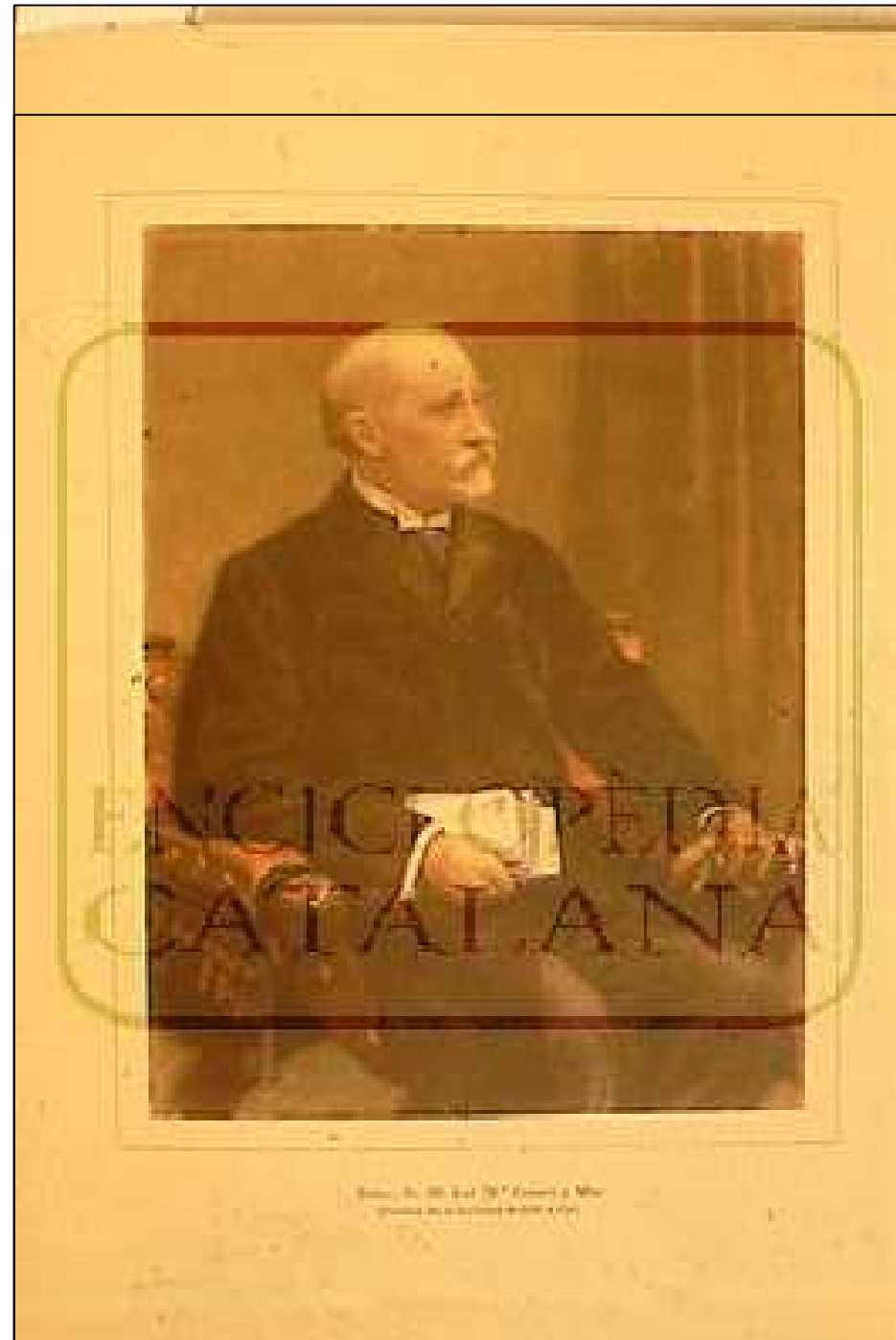
  Càrregues gravitatòries  
 Càrrega del vent



### 3. Autors i Obres

#### 3.2. Acer

# JOSEP MARIA CORNET I MAS



Josep Maria Cornet i Mas  
(Barcelona el 1839, Barcelona 1916).

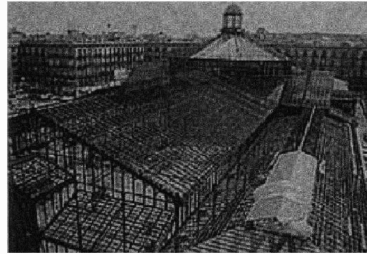
Va estudiar a l'Escola d'Enginyers Industrials de Barcelona on va finalitzar el 1874. El 1880 es fa càrrec de la direcció de La Maquinista, gran empresa de transformacions metàl·liques del país, càrrec que no abandonarà fins al 1916 amb la seva mort.

Va ser president de l'Associació d'Enginyers Industrials de Barcelona, va presidir també l'Institut del Foment del Treball Nacional, va participar com a vocal en el comitè de Catalunya i Balears del Pavelló espanyol de l'Exposició Universal de París de 1889, etc. A càrrec de la presidència de l'Associació d'Enginyers Industrials de Barcelona va centrar la seva actuació en la defensa del prestigi de la professió, i la protecció de la indústria. Una mostra de la preocupació per la protecció de la indústria va ser la participació de Cornet en les Junes d'Aranzels, en exercici de qualsevol dels seus múltiples càrrecs.

Cornet es un bon exemple de versalitat de l'enginyer, alhora que una mostra del lligam entre indústria i política. Els temes que van centrar la seva actuació parlamentària van ser els mateixos que havia defensat des d'altres fronts: el reconeixement de la professió d'una banda, i la protecció de la indústria del país de l'altre.

Pel que fa a aquestes últimes, els seus projectes es troben també directament relacionats amb la seva trajectòria dins La Maquinista Terrestre i Marítima.

# Mercat del Born



Fotografia del Mercat del Born durant la seva construcció.



Fotografia de l'estat actual del Mercat del Born.

El Mercat central del Born va ser el primer mercat de la ciutat que s'inspirava en una concepció modernista, pensat en metall i vidre, en el que va ser l'antiga plaça que portava el seu nom. Va ser encarregat al 1874 per l'Ajuntament de Barcelona a Josep Fontserè i a Mas i Cornet. Va construir-ho la Maquinista Terrestre i Marítima. Per a edificar el mercat es va acordar que tots els components metàl·lics necessaris procedissin de les ferreries del país.

Cornet com a enginyer en cap de la Maquinista Terrestre i Marítima a qui s'havia adjudicat la construcció del mercat del Born, li van ser encarregats els plànols de la coberta metàl·lica i de la direcció del muntatge de l'estructura de ferro, sota la direcció i responsabilitat darrere de Josep Fontserè, arquitecte en cap del projecte.

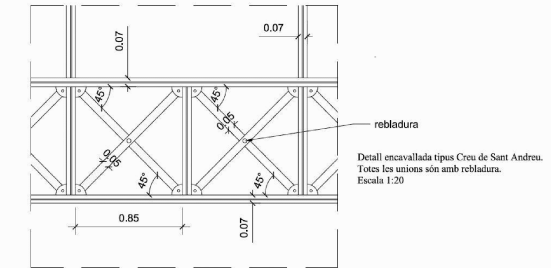
Al juliol de 1874 es va començar a muntar l'armadura metàl·lica del mercat del Born, a mitjans de setembre s'havia col·locat la cruïlla oest i s'estava treballant ja en la del nord per començar la col·locació de la gran nau central.

Al juliol de 1875 amb motiu del primer aniversari del començament de la construcció del Mercat del Born i per celebrar-ho es va treure el cindri de la rotonda. La carga total de la coberta de la rotonda es va calcular en 80.000 kilograms i es van necessitar 11.000 teules blanques i blaves per a cobrir-la.

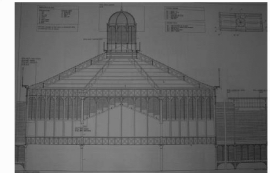
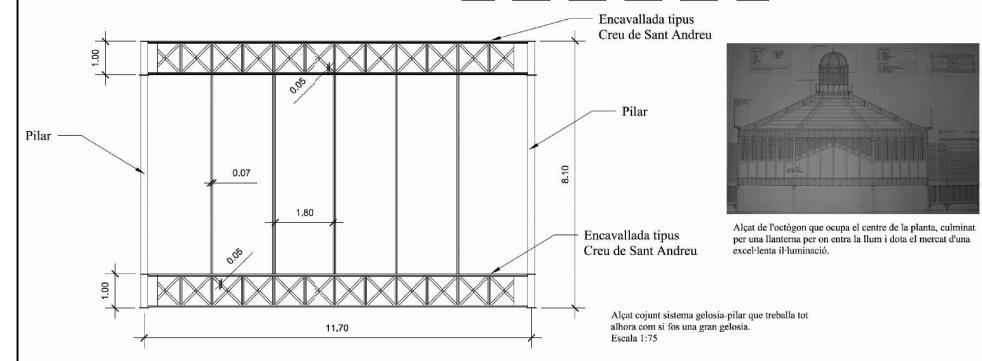
L'Ajuntament barceloní va projectar la seva inauguració definitiva el 28 de novembre i la seva obertura al públic per a començaments de desembre.



Estat actual interior del Mercat del Born.



Detall encavallada tipus Creu de Sant Andreu. Totes les unions són amb rebladura. Escala 1:20

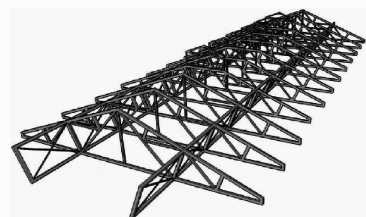


Alçat de l'octògon que ocupa el centre de la planta, culminat per una llanterna per on entra la llum i dota el mercat d'una excel·lenta il·luminació.

Alçat coïnt sistema gelosia pilar que treballa tot a l'altura com si fos una gran gelosia. Escala 1:75



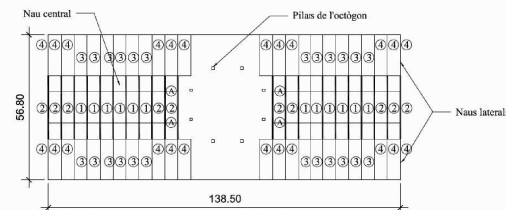
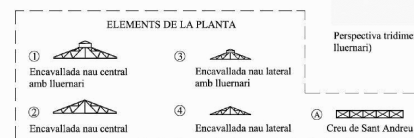
Litografia de 1876 on es pot observar l'aspecte del mercat del Born en aquella mateixa època.



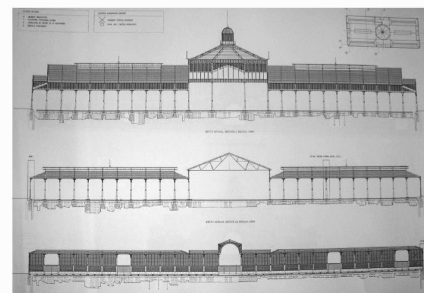
Perspectiva tridimensional de les encavallades de la nau central (inclosa la zona de lluernari)



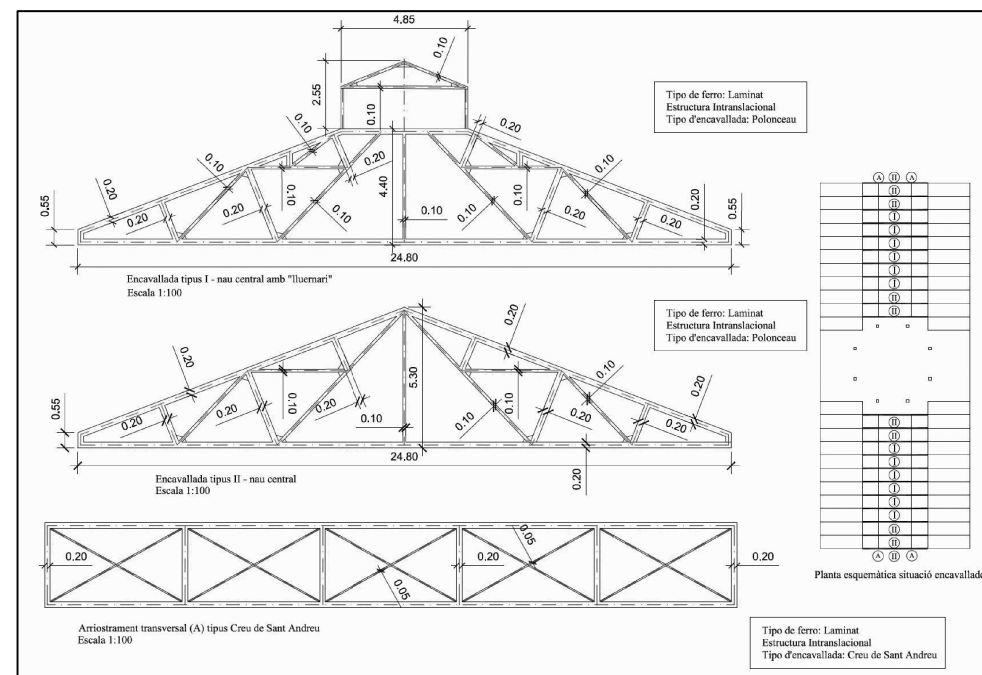
Model tridimensional del Mercat del Born. fet per al Laboratorio de Visualització Virtual de B3M



Planta del Mercat del Born. L'edifici està format per una nau central i dues laterals. L'estructura de la coberta està composta per un sistema d'encavallades que recolzen sobre uns pilars.



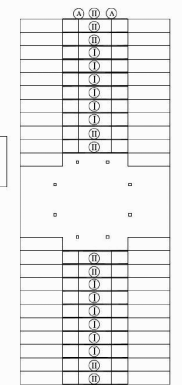
Seccions de l'estat actual del Mercat del Born.



Tipo de ferro: Laminat Estructura Intransaccional Tipo d'encavallada: Polonceau

Tipo de ferro: Laminat Estructura Intransaccional Tipo d'encavallada: Polonceau

Tipo de ferro: Laminat Estructura Intransaccional Tipo d'encavallada: Creu de Sant Andreu



Planta esquemàtica situació encavallades



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d' Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Diaz  
Rubén Sanz Fernandez

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Seccions i deformades per accions verticals

Autor: Josep Maria Cornet i Mas

Obra: Mercat del Born

74



# Mercat de Sant Antoni

- Introducció

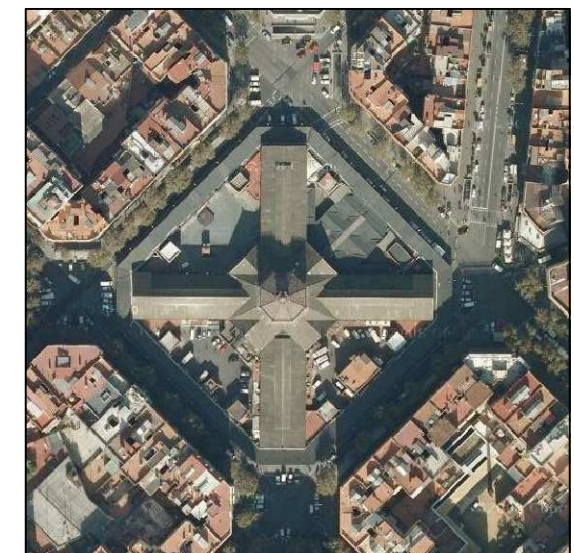
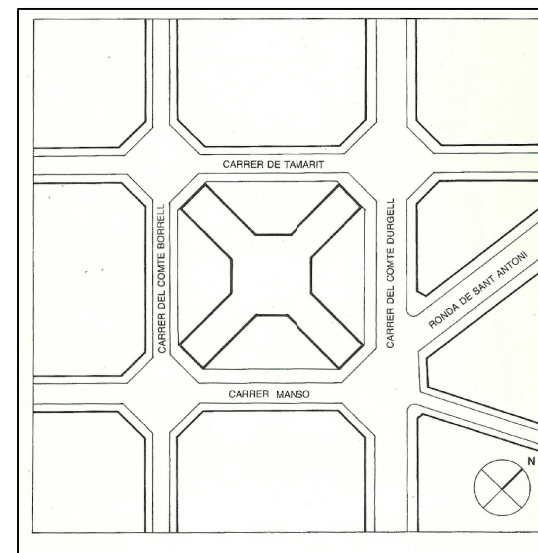
El Mercat de Sant Antoni ocupa la totalitat de l'illa compresa entre el c. d'Urgell i el del Comte Borrell i entre els carrers del General Manso i el de Tamarit.

Fou construït per "La Maquinista Terrestre y Marítima" segons projecte dels arquitectes Antoni Rovira i Trias i Josep Maria Cornet i Mas. En el pla Cerdà ja es preveia que aquesta illa quedaria destinada a centre de proveïments.

És un edifici exempt que té la planta centrada per un espai vuitavat de 30 metres de diàmetre, cobert amb un cimbori i llanternó muntat sobre un fris de finestres. Al cos central s'acoblen quatre naus proveïdes de lluernaris que tenen les parets testeres oposades ocupant els quatre xamfrans de l'illa.

Els pilars és de pilars de fosa que suporten encavallades d'unions articulades sobre les quals hi ha muntades les cobertes de dues aigües.

És l'únic mercat que, d'acord amb el pla Cerdà, ocupa una illa sencera de l'eixample. Segurament que aquest mercat i el del Born, són els millors exponents de l'arquitectura monumental de ferro d'aquest tipus d'edificis i s'hi recullen moltes de les experiències sorgides del Marché aux Halles de París. El de París és el mercat que inicia a Europa la sèrie dels construïts totalment de ferro, amb una tipologia innovadora en relació a la que era habitual en els mercats, més directament vinculada amb la que era pròpia de les edificacions hospitalàries o amb la de les presons d'aquella època.



# Mercat de Sant Antoni



- Descripció del mercat

Les quatre naus del mercat estan disposades com les diagonals d'un quadrat de 113 metres de costat i la seva intersecció formen un cos de planta vuitavada coberta amb un cimbori un llanternó.

Cadascuna de les naus té 20 metres d'amplària i 42,5 metres de llargària. i queda dividida en 9 trams per unes estructures de pilars de fosa i encavallades de ferro laminat atirantades que tenen unes unions articulades tipus Poloncean. Cada tramada té 4,70 metres de llargària i una alçària sota tirants de 8 metres.

El cos central vuitavat descansa sobre 8 grans pilars de fosa, travats a 19 metres d'alçària amb jàsseres de gelosia de ferro laminat per sobre del qual hi ha disposat un seguit de finestres que contornen el cimbori. Entre les finestres es prolonguen els pilars i queden novament travats per més bigues disposades radialment, que sostenen la coberta piramidal i el llanternó que corona l'estructura. Tota l'estructura és de ferro laminat llevat dels pilars, tant els interiors com el de les façanes, que són de fosa, així com els elements decoratius que hi ha en els tancaments de façana, les mènsules de suport de l'estructura acoblades als pilars i el canaló que corre al llarg de totes les façanes i que, al mateix temps, trava els pòrtics.

Si bé l'illa mesura un total de 11.264 m<sup>2</sup> la superfície coberta és de 5.300 i la resta, uns 6000 m<sup>2</sup>, està formada er quatre patis de planta trapezoïdal que estaven parcialment ocupats per construccions més o menys simples (parades i petits magatzems). Actualment el Mercat està en estat de reforma i rehabilitació, i aquests petits magatzems no existeixen.

Els pilars sostenen unes bigues IPN de 240 mm. sobre les quals hi ha plaques de "Durisol" protegides amb tela asfàltica acabada amb un full d'alumini. El pendent de la marquesina llença l'aigua cap a l'interior del mercat on és recollida per una canal de fibrociment. Disposa de vuit portes, quatre de les quals queden situades en el xamfrans, les altres quatre estan situades en els patis a les cares del cos central no ocupades per les naus. Cada un d'aquests patis té dues portes que donen al carrer.

Las façanes tenen un basament de carreus de 80 cm. d'alçària que omple l'espai entre pilars i a sobre hi ha una paret de 30 cm. de gruix, de totxo, sobre la qual descansa el tancament format per un marc de ferro que conté persianes de lamel·les i una decoració contornant la persiana feta amb peces de ceràmica envernissada. El perímetre del mercat no queda definit pels testers de les naus, està tancat amb una reixa de ferro muntada sobre un sòcol de pedra que protegeix els patis compresos entre les naus.



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Descripció

Autor: Josep Maria Cornet i Mas

Obra: Mercat de Sant Antoni

76



# Mercat de Sant Antoni



- Estructura

Les encavallades que formen la coberta de les naus són del tipus dissenyat per l'enginyer belga Polonceu, tenen unes bieles perpendiculars als cavalls que dibuixen una gelosia on es combinen angles, passamans i elements de planxa cosits amb reblons. Els extrems de cada biela queden units amb els de les encavallades immediates amb creus de Sant Andreu i traven les encavallades entre elles. Unes corretges de ferro de doble T descansen sobre les encavallades i suporten uns xebrons situats cada 30 cm, que fan de base de les planxes ondulades de fibrociment. La base d'aquesta estructura són uns pilars composts, de fosa, que a la cara exterior de la façana presenten una secció semicircular mentre que la peça interior que duu acoblada té forma de U recta. El buit interior constitueix el baixant per on circula l'aigua procedent dels canalons.

L'edifici central, vuitavat, de coberta piramidal, té bigues de gelosia que traven els pilars a dues alçades diferents. Estan formades per dos cordons de perfils angulars units per una malla de ferro angle i peces posades a escaire. Els components de cada biga estan units amb reblons.

Quasi bé tots els pilars tenen els tres primers metres d'alçària amagats pel muntatge de les parades interiors o per les construccions afegides a l'exterior. Les parts visibles semblen en bon estat de conservació, encara que s'aprecia rovell a les bases dels pilars centrals, molt afectats per la mullena que reben de les parets veïnes i que necessiten una intervenció per evitar-ho.

La marquesina exterior i les altres construccions afegides envien l'aigua de la pluja directament cap a l'edifici principal i perjudiquen considerablement els elements de ferro. Interiorment, l'estructura es veu en millor estat si bé necessita d'ésser repintada.

- Estanquitat

L'aigua es recull en canalons col·locats al llarg de les cornises, la porten cap als pilars que, al mateix temps, fan de baixants. Com que el canaló és molt gruixut encara que està rovellat no sembla que pugui donar problemes immediats. Els patis tenen un bon sistema de desguàs però les construccions afegides no han tingut en compte que interrompen els pendents i dificulten el curs de l'aigua. A l'interior no hi ha cap sistema general d'evacuació d'aigua i només compta amb els desguassos que privadament han construït els propietaris de les parades.



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

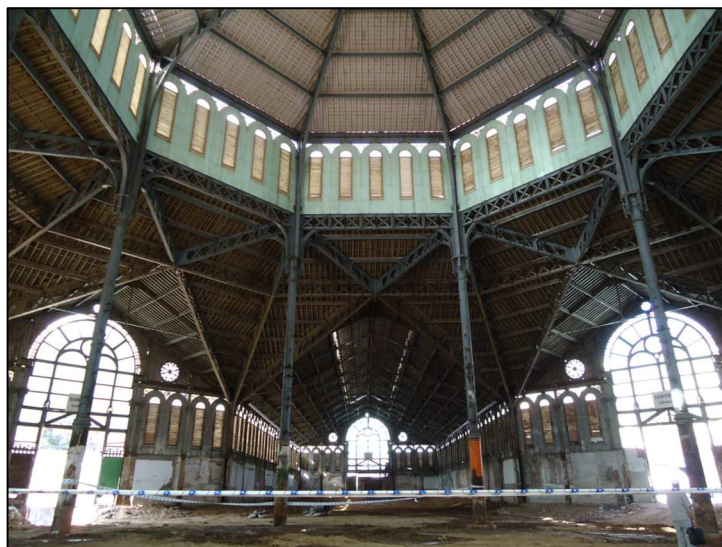
Contingut: Descripció

Autor: Josep Maria Cornet i Mas

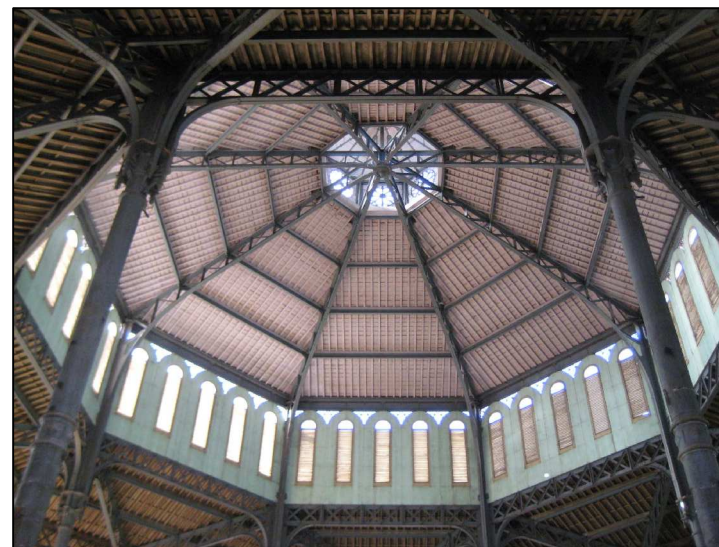
Obra: Mercat de Sant Antoni

77





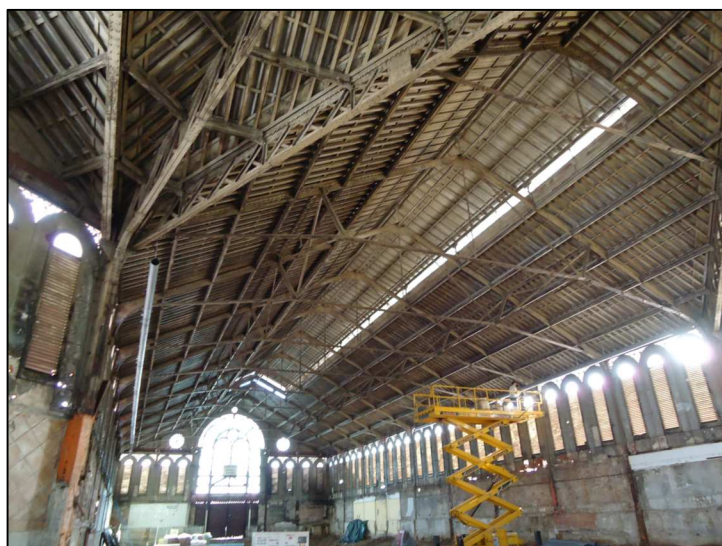
1. Vista general interior del Mercat



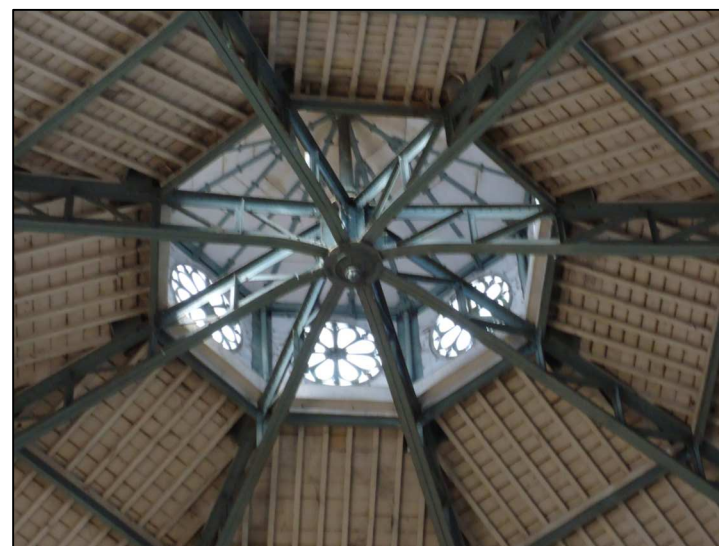
2. Vista interior de la coberta piramidal



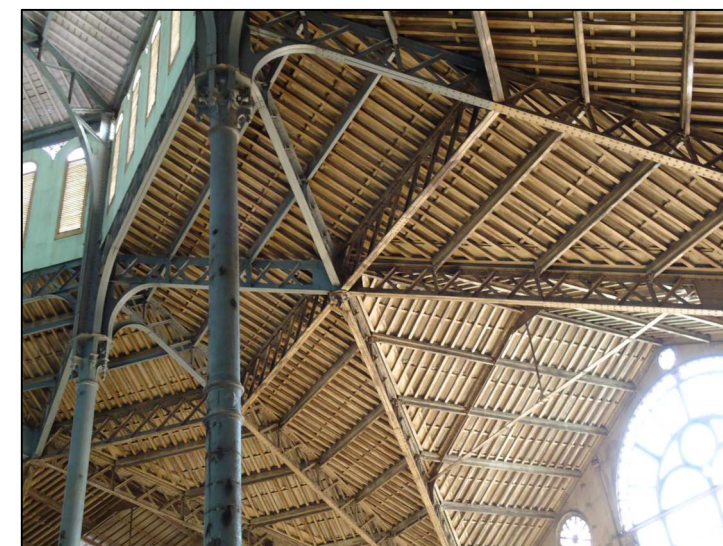
3. Vista central de la coberta



4. Vista general de les encavallades  
d'una de les naus



5. Gelosies radials de la coberta



6. Trobada de les gelosies amb els pilars





7. Trobada de les encavallades amb les bigues



8. Trobada de tres bigues amb un pilar extern



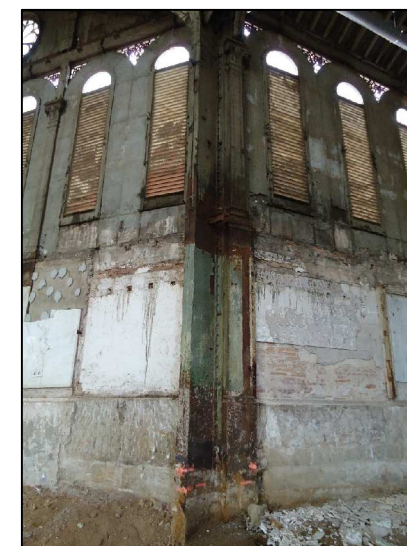
9. Vista de la sortida d'aigua d'un pilar d'acer fos i part de la cimentació



10. Vista de les unions mecàniques de les bigues

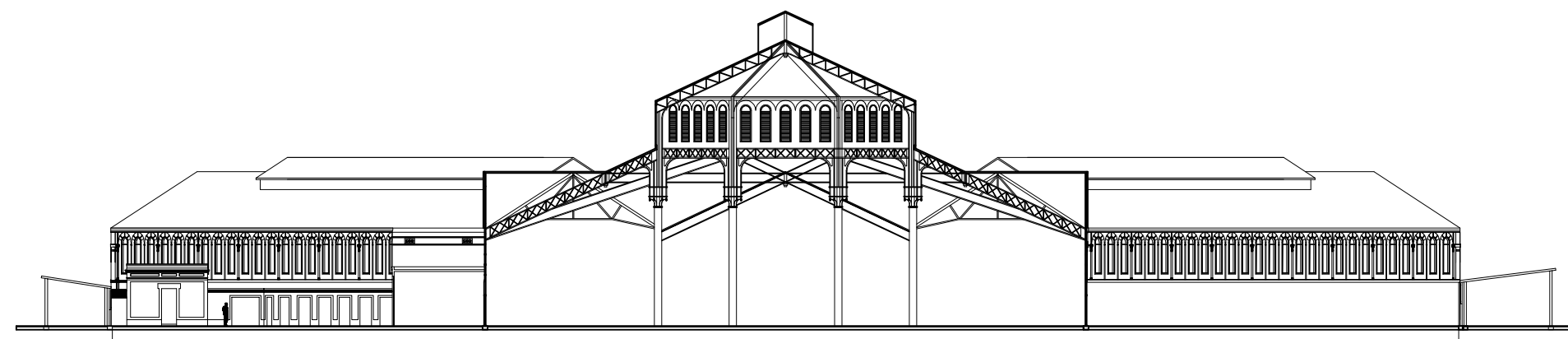


11. Vista de la prolongació de les bigues de gelosia amb el pilar central



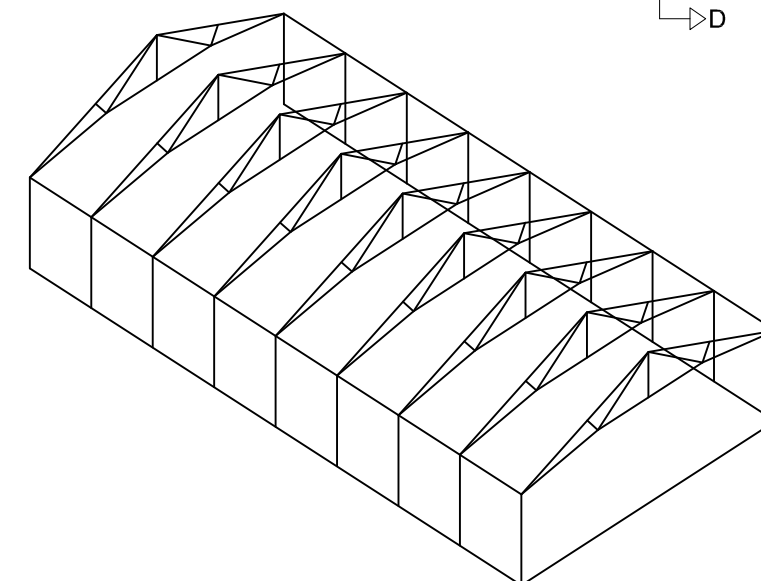
12. Pilar del perímetre oxidat per acció de l'aigua d'evacuació

# Mercat de Sant Antoni



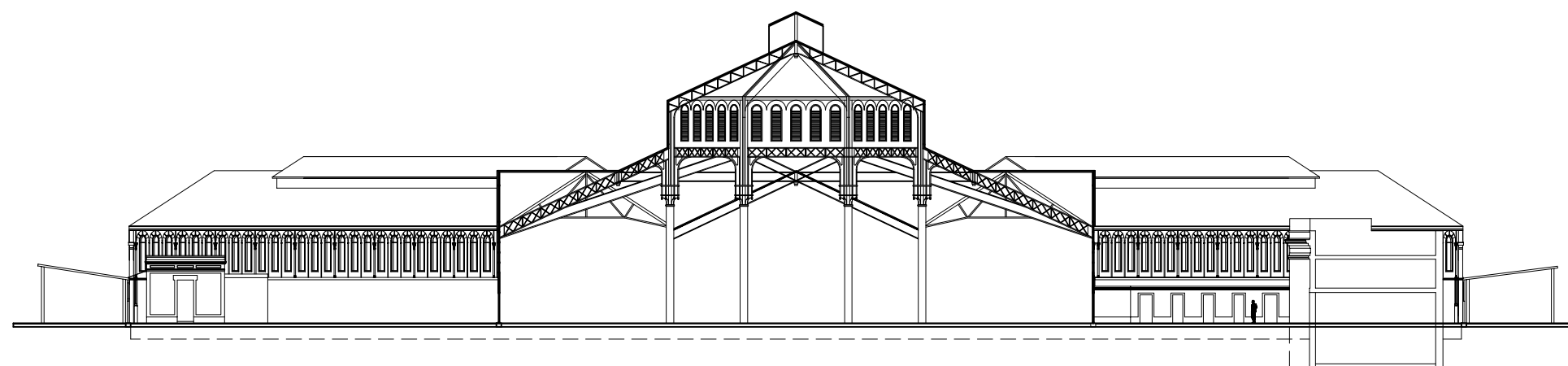
Secció A-B

E: 1/500



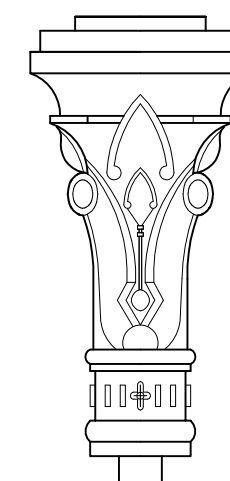
Esquema d'una nau

E: 1/500



Secció C-D

E: 1/500



Decoració Pilars E: 1/10



**EPSEB**

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Seccions

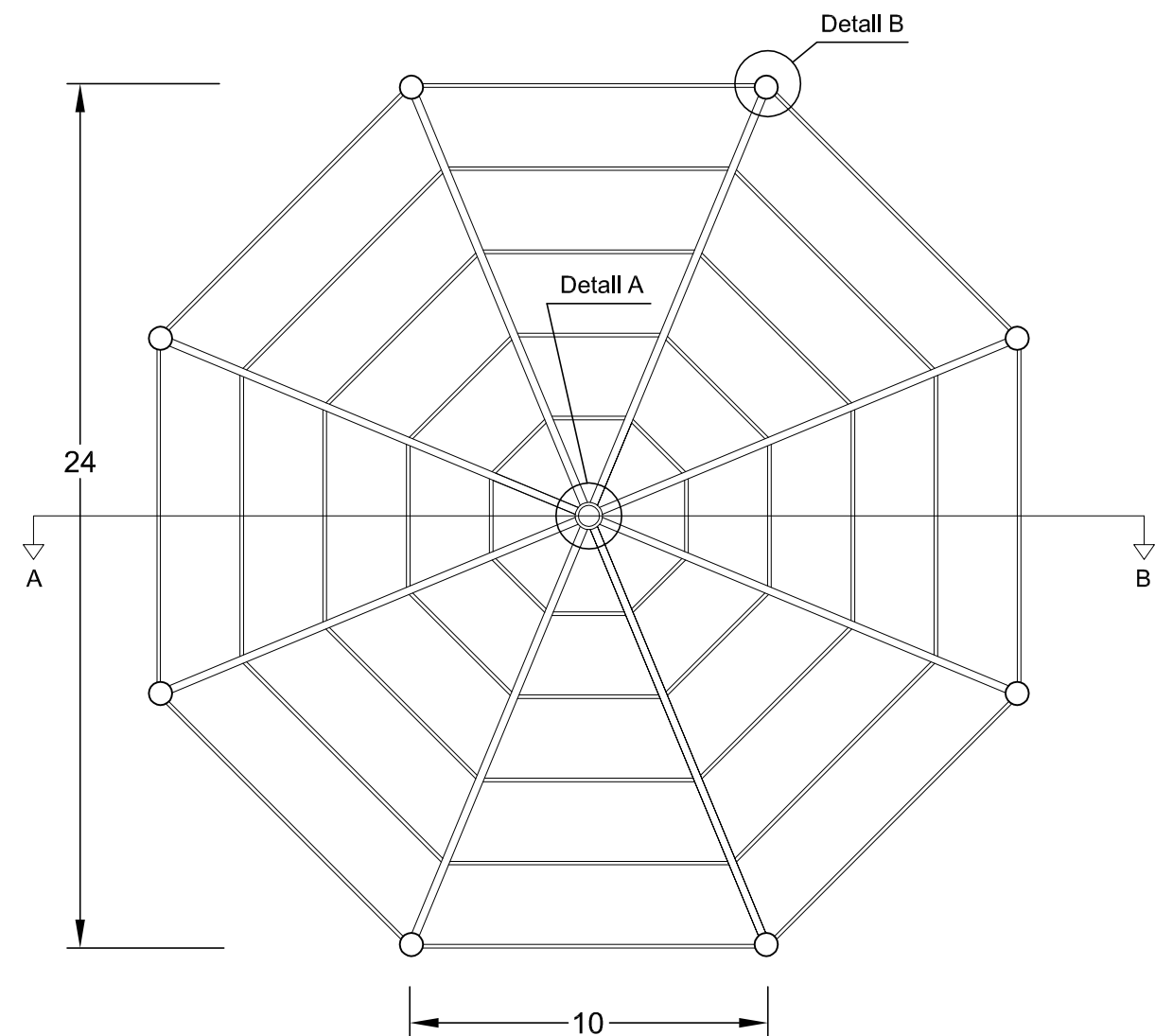
Autor: Josep Maria Cornet i Mas

Obra: Mercat de Sant Antoni

**80**

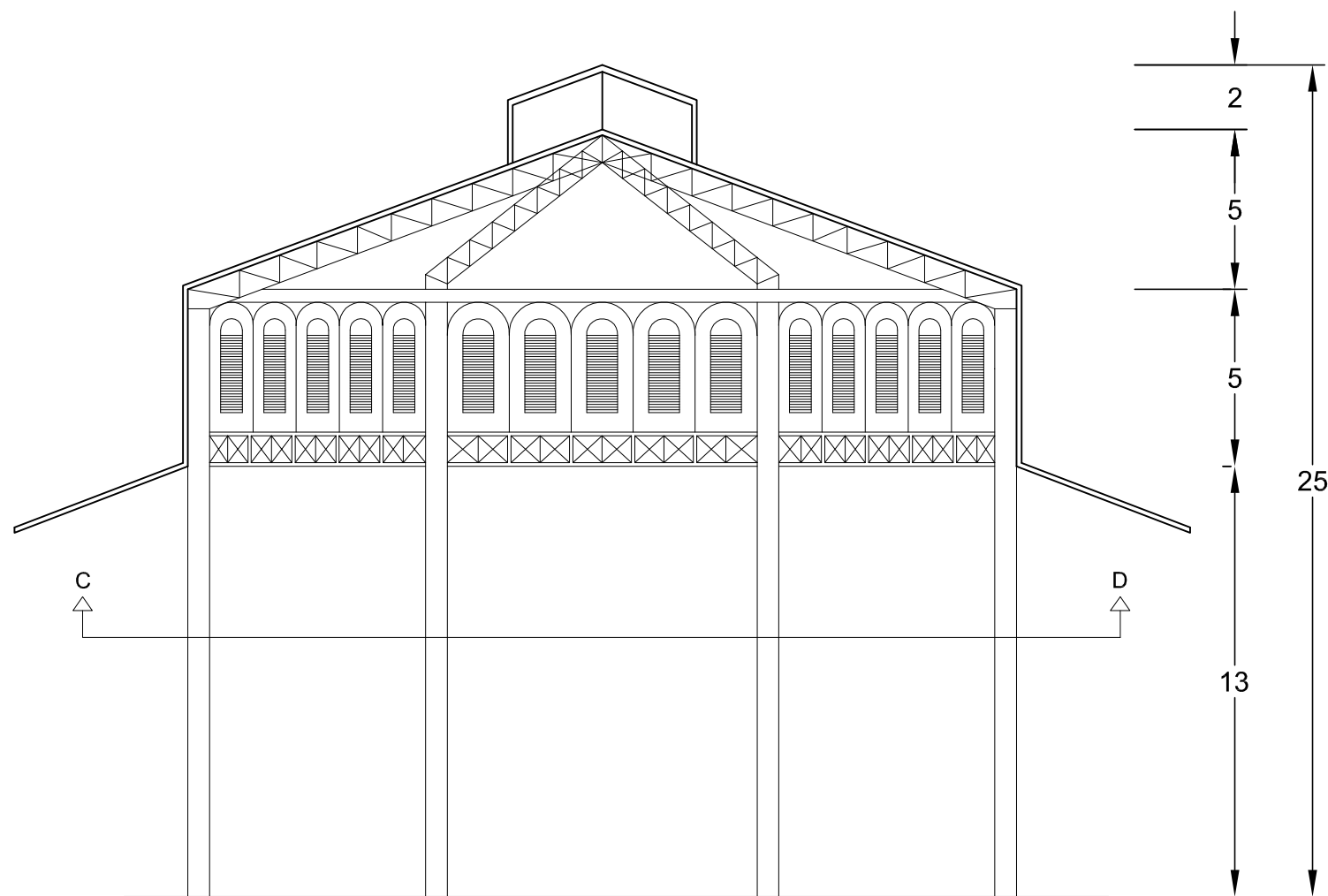


# Mercat de Sant Antoni



Secció C-D

E: 1/200



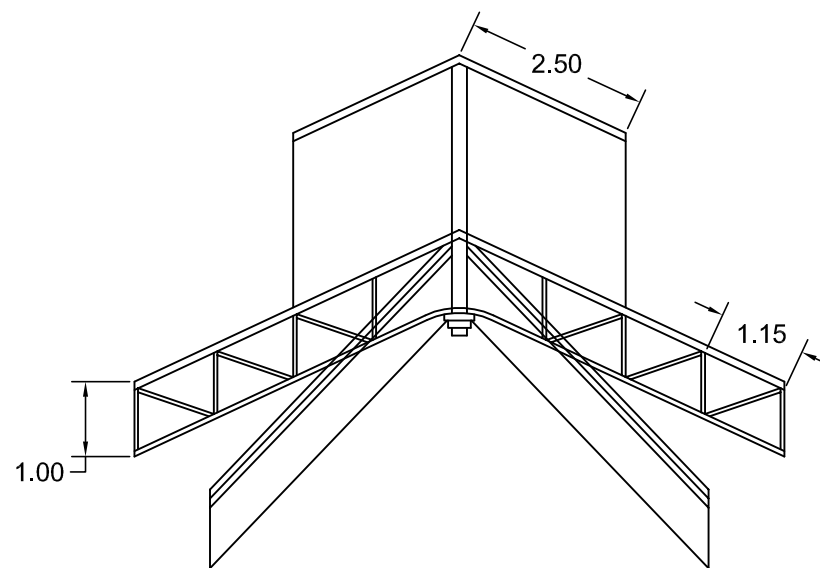
Secció A-B

E: 1/200

# Mercat de Sant Antoni

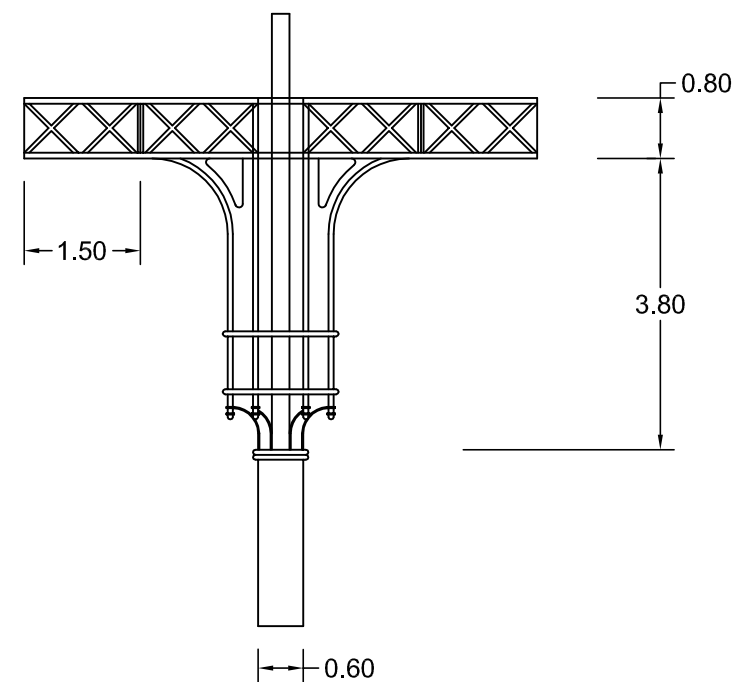


Detall A: Trobada bigues al centre. E: 1/100



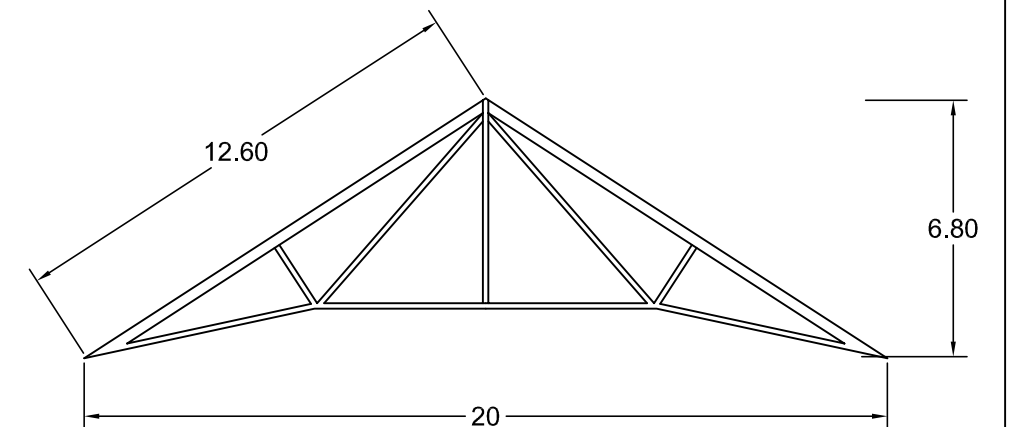
Les bigues en gelosia parteixen dels 8 pilars perimetrals del cos central del mercat. Aquestes bigues s'uneixen en el centre de la coberta piramidal per tal de suportar el pes propi i càrregues de neu. Les càrregues de vent provocades per la succió són absorbides pels perfils diagonals, sotmetent-los a tracció, que és l'avantatge de les estructures d'acer.

Detall B: Trobada pilar amb bigues. E: 1/100



Els vuit pilars perimetrals del cos central, són d'acer fos i tenen al seu interior la canalització de l'evacuació de l'aigua. A 9,20 metres, aquests pilars reben les bigues de lligat, resoltes amb creus de Sant Andreu, que s'encarreguen de donar monolitisme a la coberta. Aquesta unió, mecanitzada, es resol amb la prolongació del perfil transversal inferior de les bigues, fins a solapar 3.80 metres del pilar.

Encavallada model de les naus. E: 1/200



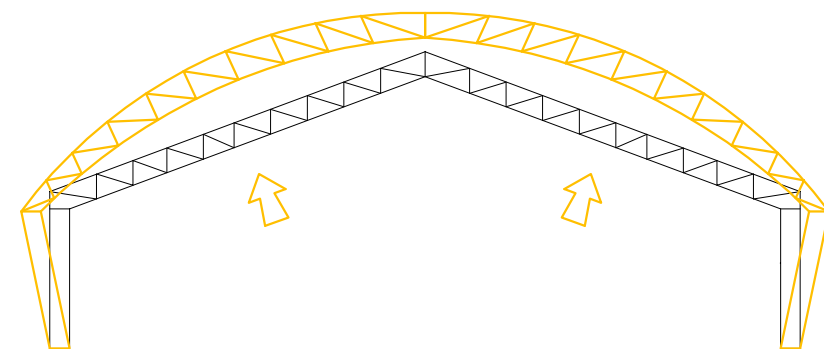
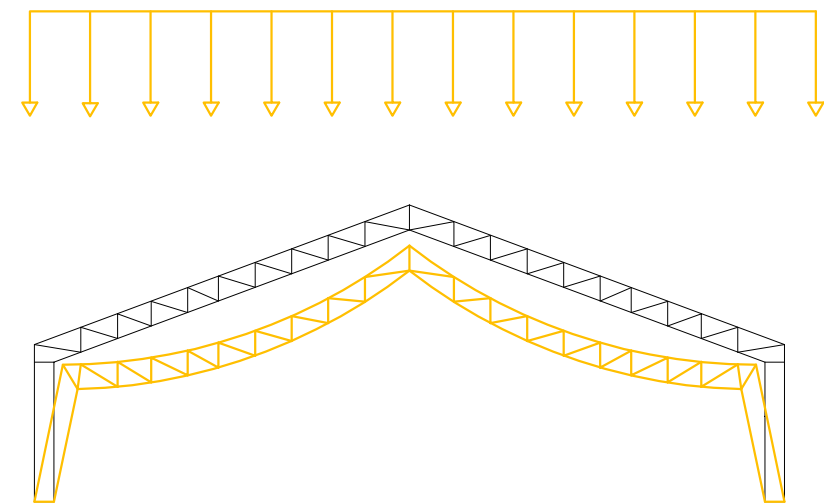
Cada una de les quatre naus suporta la coberta i manté un monolitisme a empentes del vent, gràcies a 9 encavallades de ferro laminat atirantades, cada 4,70 metres de tram.

L'encavallada està resolta amb tirants que triangulen l'estructura per tal d'impedir qualsevol deformació.

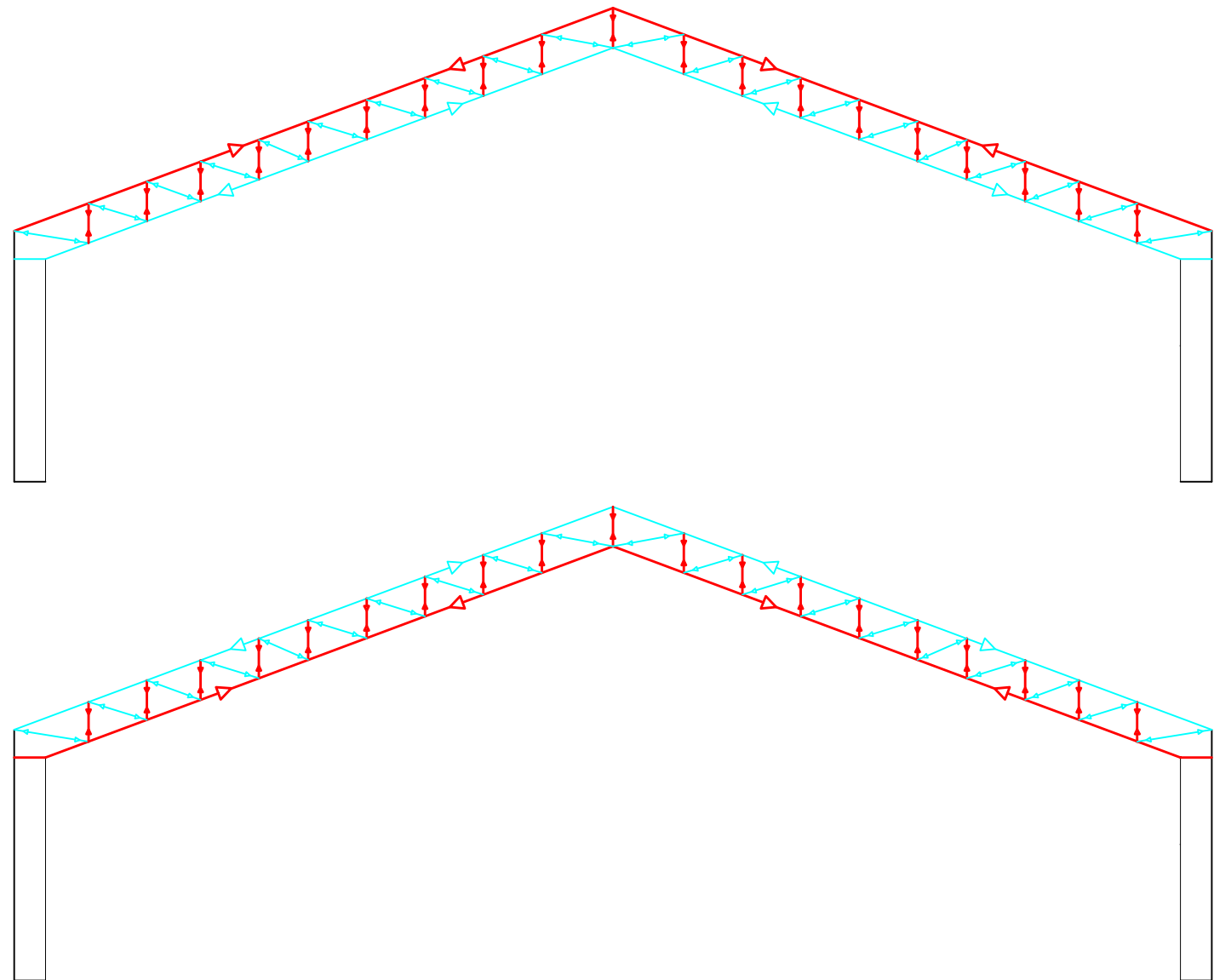
# Mercat de Sant Antoni





Càrregues Gravitatòries




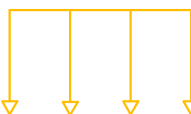
Càrregues de vent



 Tracció

 Compressió

 Càrrega del vent

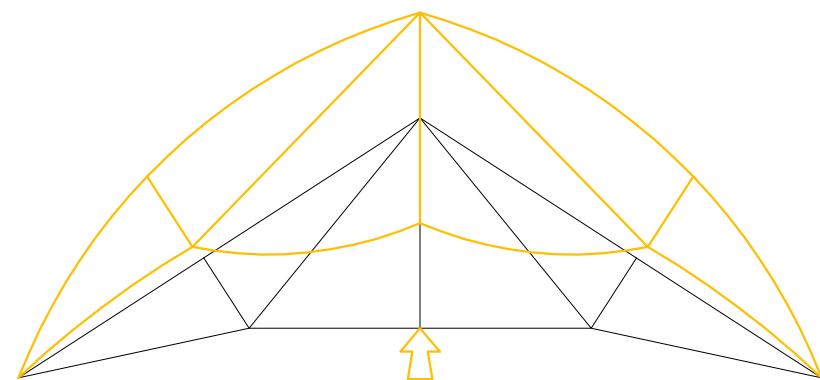
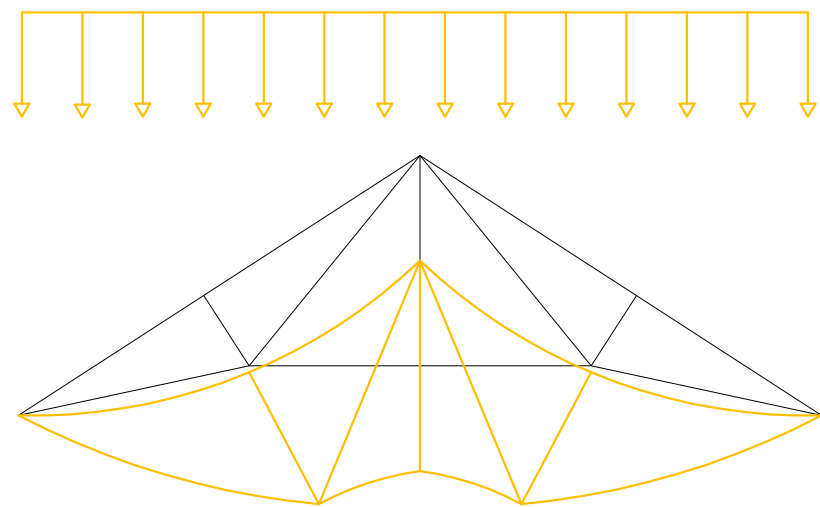
 Càrregues gravitatòries



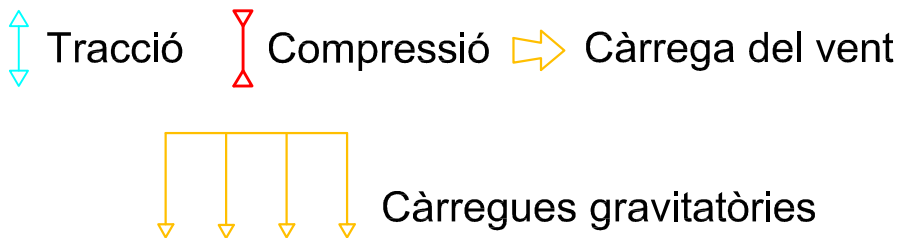
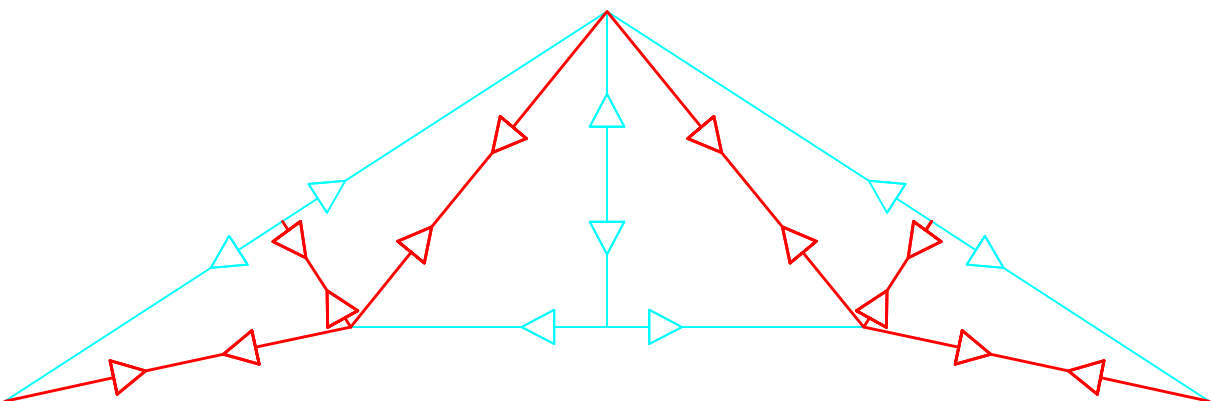
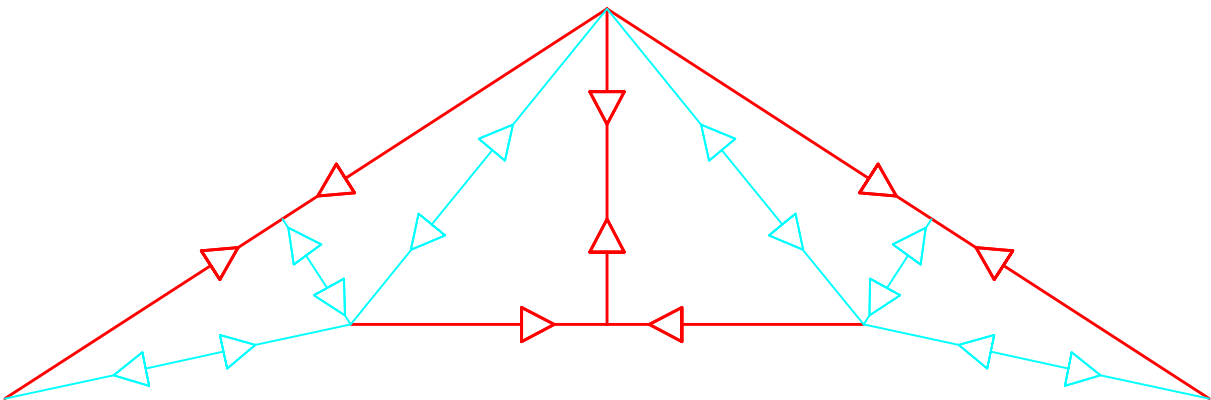
# Mercat de Sant Antoni



Càrregues Gravitatòries



Càrregues de vent



# Reforma del Mercat



- Introducció

S'ha considerat oportú parlar de la reforma del Mercat de Sant Antoni que avui dia porta l'Ajuntament de Barcelona, sent així unes de les obres actives importants en la ciutat.

La modernització amplificarà el potencial comercial del mercat, els beneficis i les interaccions amb el seu eix comercial, el barri i la ciutat. Concretament, passarà de tenir 12.100 m2 a 30.000 m2 de superfície edificada, i a de 5.214 m2 a 15.000 m2 de superfície comercial. Es tracta d'un referent per tota la ciutat i actua com a pont generador de cohesió social i integració entre els districtes de l'Eixample i Ciutat Vella.

El projecte de remodelació i modernització, dirigit pel Taller d'Arquitectura Ravetllat-Ribas, pretén potenciar les característiques de l'edifici existent, tot reordenant la seva distribució, dotant-lo de nous serveis per a comerciants i clients a l'alçada del XXI i fent-lo més accessible.

- Actuacions físiques i comercials

1. La rehabilitació integral de l'edifici tindrà present el seu caràcter monumental i històric, restaurant els elements (estructurals i de tancament), i retornant, com en el cas de la coberta, als materials originals (ceràmica vidriada).
2. Es mantindran les vuit entrades actuals, però fent-les visibles dels del carrer, alhora que s'enderrocarà l'actual mur exterior, convertint els 4 patis interiors en autèntiques places d'ús públic.
3. Es preveu l'excavació de 3 nivells, que permetran dotar comercialment i de serveis al nou equipament modernitzat. A la planta -1 hi haurà un vestíbul central que actuarà de distribuïdor cap als locals comercials. I a les plantes -2 i -3 es crearà un aparcament per al públic, de més de 300 places, i magatzems per als comerciants.
4. Sota l'emplaçament actual del Mercat de Sant Antoni es troben algunes restes arqueològiques pertanyents a la muralla medieval de la ciutat de Barcelona. La modernització del mercat permetrà excavar, identificar i catalogar aquestes restes. S'ha previst que la necessària realització d'identificació i preservació de les restes no interfereixi en el calendari de la remodelació del mercat.
5. L'interior del mercat es modernitzarà totalment. Es faran parades noves que oferiran gran quantitat de productes nous i variats.

# Reforma del Mercat



- El Mercat avui dia

Gràcies a una visita feta el dia 1 d'Octubre al Mercat, el cap de producció ens va proporcionar la següent informació:

1. El primer procediment que es va realitzar en la remodelació del Mercat va ser l'enderrocament dels magatzems i les parades que ocupaven part dels quatre patis trapezoïdals del Mercat, deixant els patis per entrada de camions i de personal. Les façanes d'aquestes parades s'han tingut que digitalitzar per tal de poder recuperar-les en el futur.
2. S'ha fet una excavació d'un metre de profunditat en tota la superfície, deixant vistos els pous de cimentació dels vuit pilars que ocupen el cos central del Mercat i l'evacuació de les aigües que portaven a l'interior.
3. El següent pas consistirà en construir murs pantalla perimetrals al Mercat que tindran 38 metres de profunditat i 1,20 metres d'amplada, per tal de poder realitzar els soterranis.
4. A continuació es construïran pilots en els 8 pilars centrals fins arribar a la mateixa profunditat que els murs pantalla.
5. Una vegada realitzats els murs i els pilots, es procedirà a la construcció d'una primera llosa de cimentació d'un metre d'altura que recollirà i s'aguantarà sobre els murs pantalla i els pilots.
6. Deixant un espai a la llosa, que coincidirà amb la rampa del pàrquing, es procedirà a l'excavació sota la llosa, fins arriba a la següent altura, és a dir, al soterrani -1. D'aquesta manera, es realitzaran els tres soterranis de manera inversa a la tradicional: en lloc de fer els murs pantalla i a continuació l'excavació, es construirà de dalt a baix.



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

ANÀLISI DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Reforma del Mercat

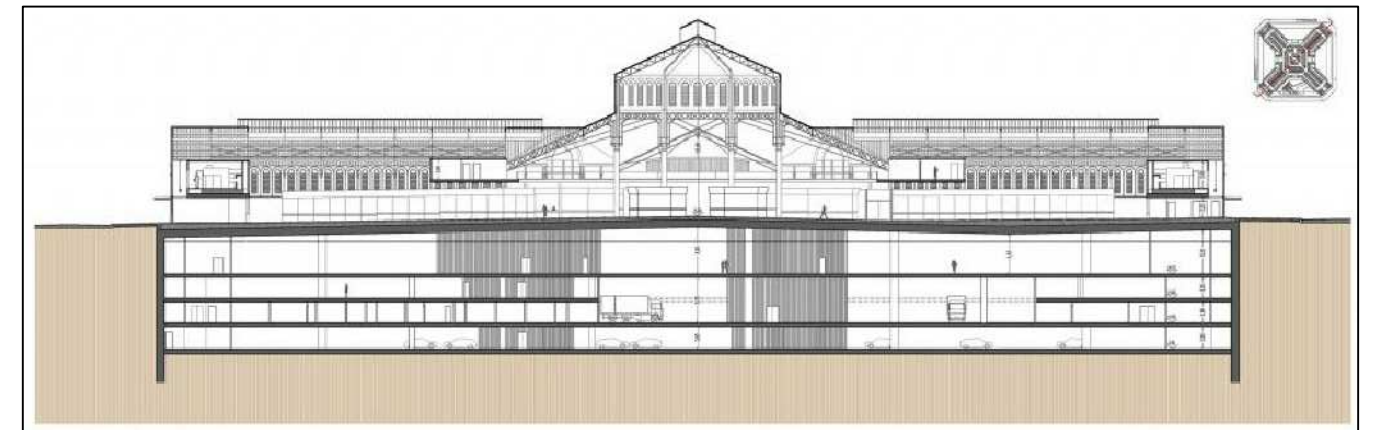
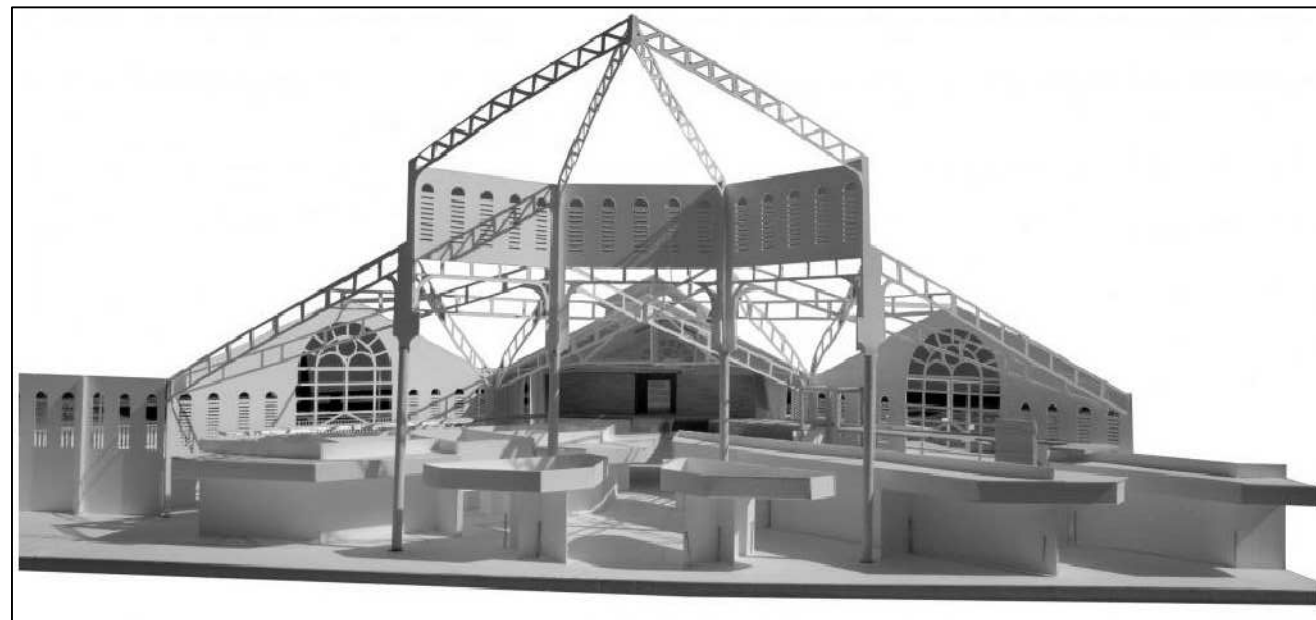
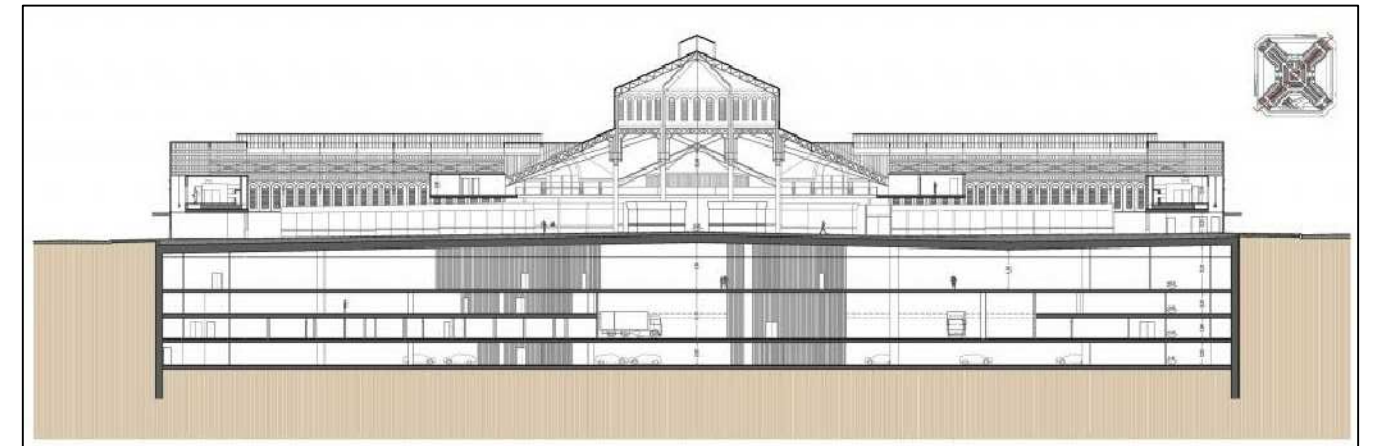
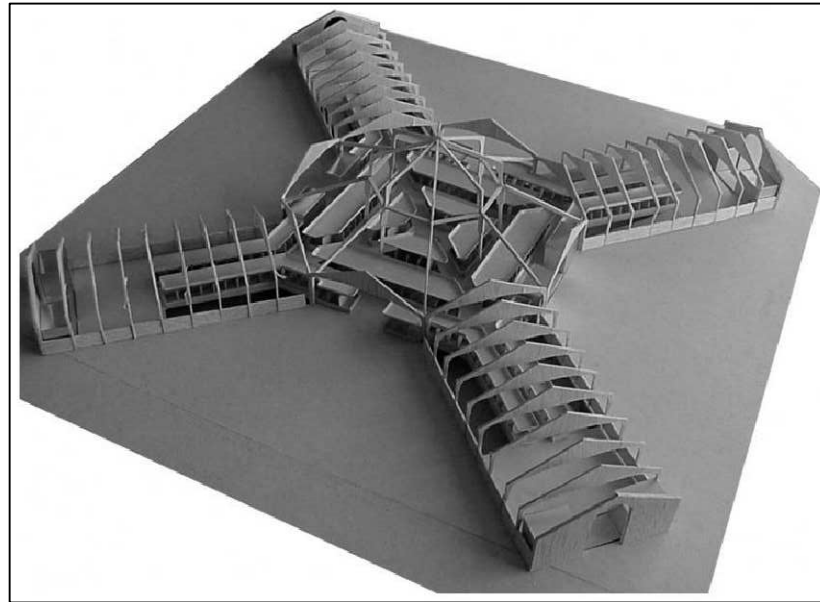
Autor: Josep Maria Cornet i Mas

Obra: Mercat de Sant Antoni

86



# Reforma del Mercat



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL  
DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

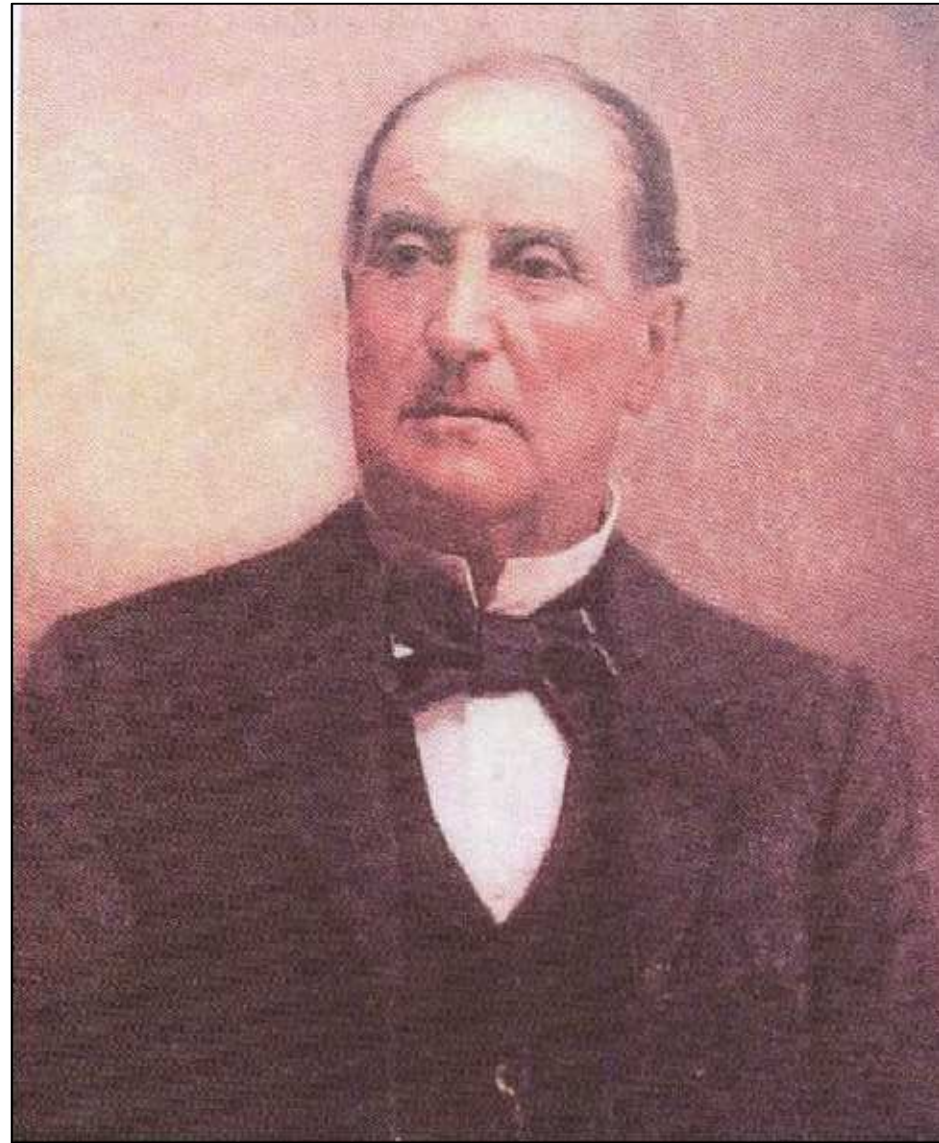
Contingut: Reforma del Mercat

Autor: Josep Maria Cornet i Mas

Obra: Mercat de Sant Antoni

87

# JOAN TORRAS I GUARDIOLA



Joan Torras i Guardiola  
(Sant Andreu de Palomar el 1827,  
Barcelona 1910).

Va tenir una marcada repercussió a la vida artística i industrial de la Barcelona de la segona meitat del segle XIX i començaments del segle XX.

Va ésser arquitecte per la Real Acadèmia de Sant Fernando de Madrid, i el 1845 li convaliden a Barcelona. El mateix any es membre de l'Acadèmia de Belles Arts de Sant Jordi de Barcelona, a la secció d'arquitectura, i al mateix temps és mestre d'obres. El 1875, en ésser fundador de l'Escola d'Arquitectura de Barcelona, és nomenat catedràtic de mecànica de les construccions i resistència de materials.

La seva contribució com a arquitecte i calculista queda reflectida en una sèries d'obres, principalment de caràcter públic, que no haurien estat possibles si no hagués posat en pràctica les tècniques per ell mateix teoritzades. Noves tècniques, nous materials, noves concepcions arquitectòniques son portades d'una revolució artística dependent de l'economia i la indústria.

El 1875 ideà construir sostres amb soleres planes de lloseta, sustentades per bigues, sistema totalment nou en el nostre país. S'especialitzà en la construcció de jàsseres, i adoptà amb preferència la forma de gelosia, poc usada fins aquell moment.

Als 70 anys es converteix en fabricant de construccions metàl·liques, per a acabar com a industrial siderúrgic. Degut a una disminució del seus marges comercials en el negoci de les construccions metàl·liques, conseqüència d'una competència cada cop més dura.

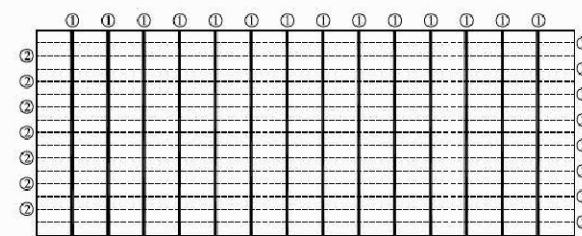
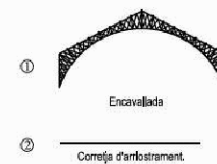
A la seva mort el 1910 l'empresa passa a mans del seu fill Joan Torras i Puig, amb qui es convertia en responsable de la construcció d'obres tan importants com la coberta de l'Estació de França o la de Portbou.



# Mercat de Tortosa

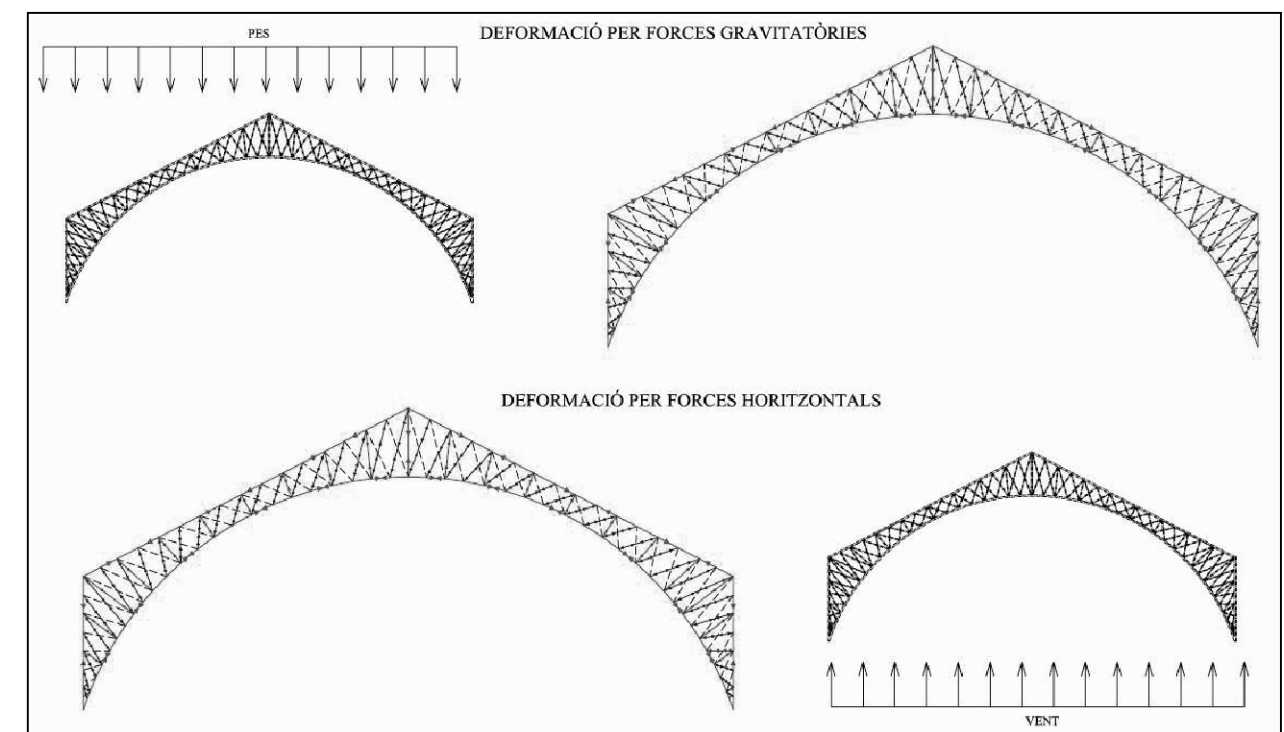
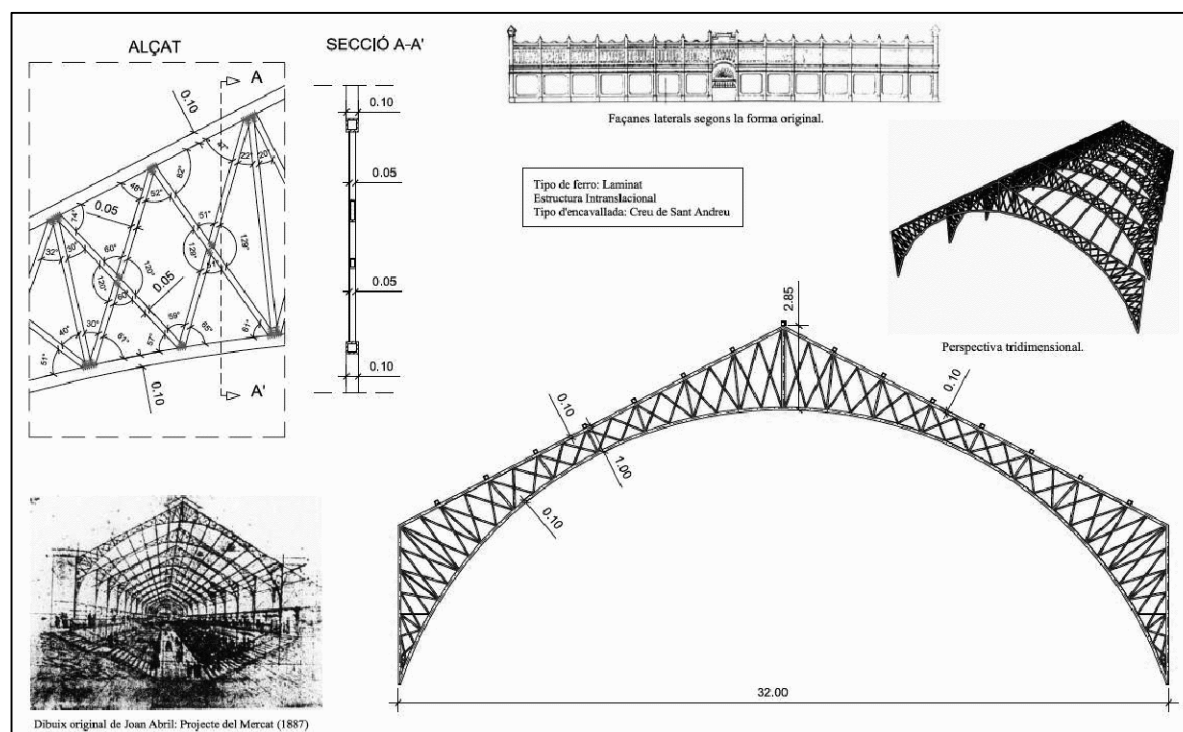
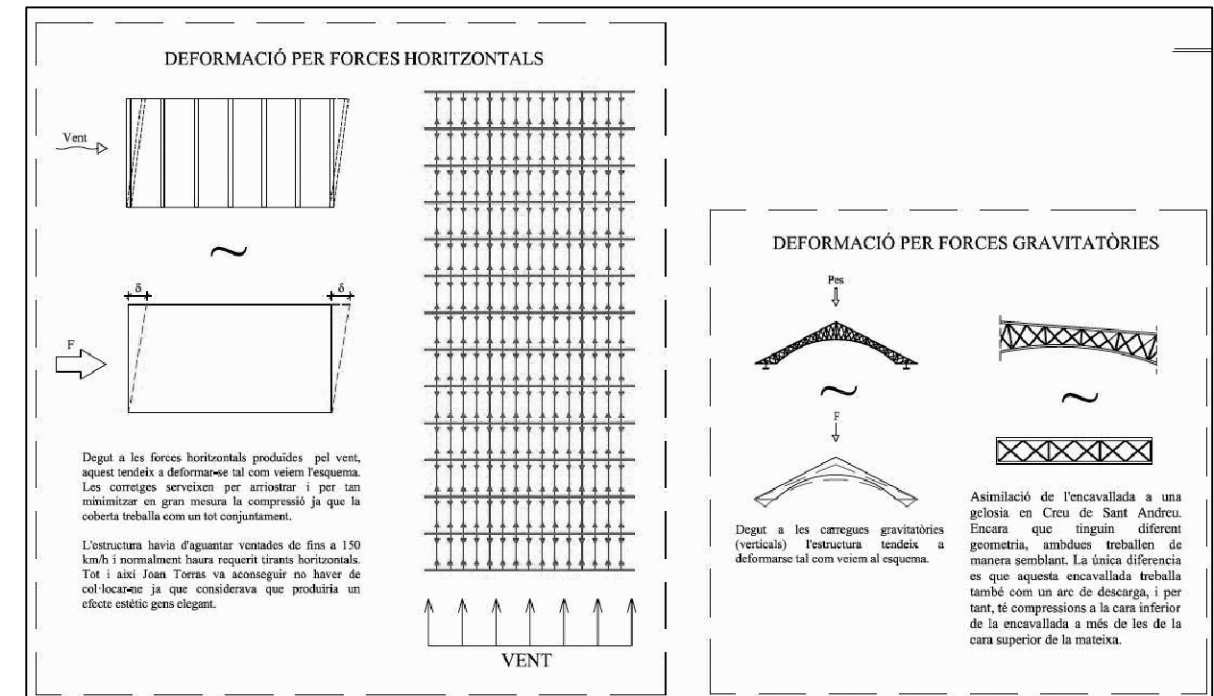


Exterior del Mercat a principis de segle.



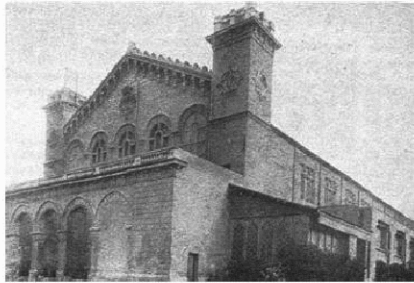
Planta mercat municipal de Tortosa

El Mercat de Tortosa construït durant el 1884 i el 1887 és obra dels arquitectes Joan Abril i Joan Torras. Té una planta rectangular d'una sola nau de 84m. de llargada per 32m. d'amplada. La coberta és absolutament metàl·lica, resolta amb 14 jàsseres o bigues armades de ferro laminat, de forma parabòlica, sense cap tirant, i de 26 metres de llum. Les armadures estan sostingudes sobre unes parets d'obra cuita i pedra per raons econòmiques i d'estabilitat.

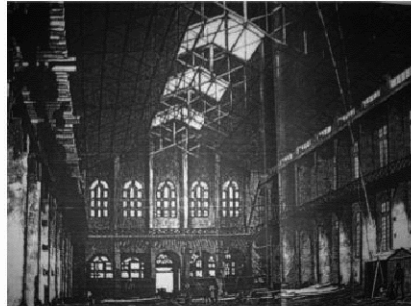




# Palau de la indústria



Nau central del Palau de la Indústria a l'Exposició Internacional de Barcelona 1888.



Grau nau central del Palau de la Indústria

## ELEMENTS DE LA PLANTA



Encavallada "ala de mosca",

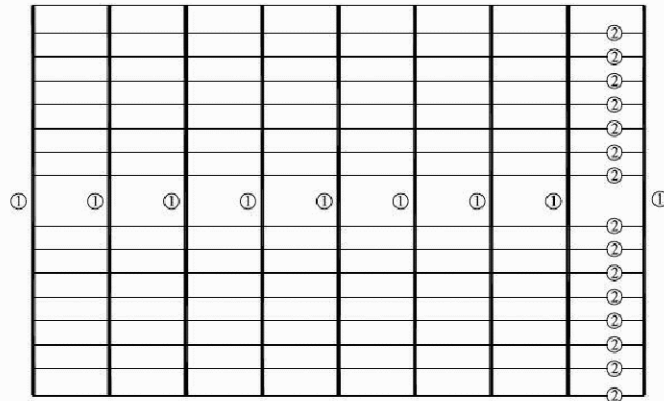


Corretja d'arriostament,

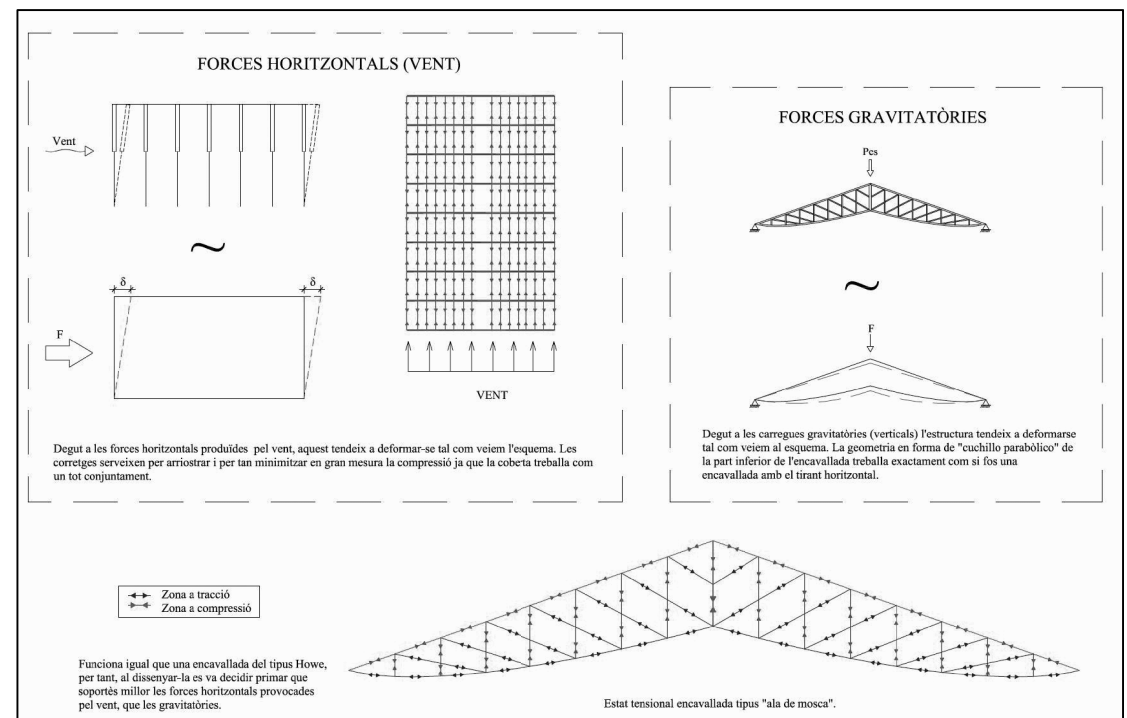
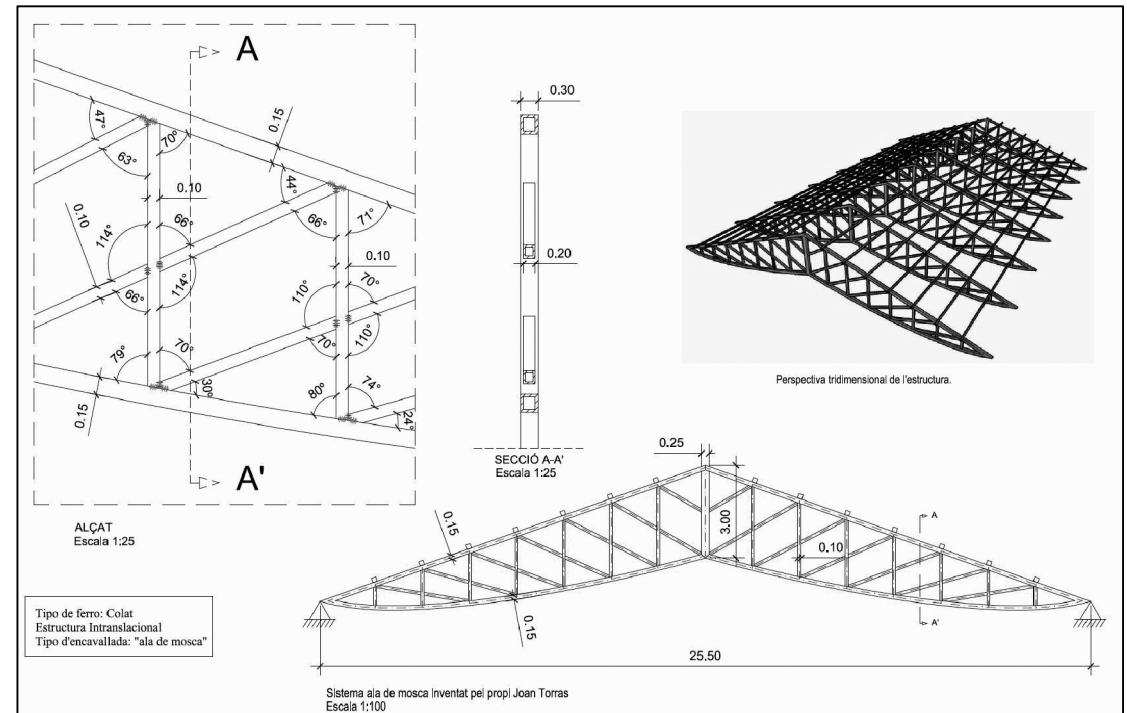
El President de la Comissió d'Obres de l'Exposició, Elies Rogent encarregà amb motiu de l'Exposició universal de Barcelona en 1888 el projecte a en Jaume Gustà. En Joan Torras fou el principal proveïdor de la part metàl·lica, tant en el Palau de Belles Arts com el de la Indústria. Va ser destruït el 1920.

El Palau de la Indústria era un dels més importants de l'Exposició, lògicament. Es projectà amb coberta metàl·lica, però el pressupost no ho permetia i es passà del ferro a la fusta. Finalment es cregué convenient utilitzar el ferro per la part central del Palau. Les presses no permeteren fer cap concurs de cap mena i les obres s'adjudicaren directament a en Joan Torras, el qual hi posà 3.258 tones de ferro.

La encertada concepció de noves estructures metàl·liques que tenia el va portar fins al punt d'inventar ell mateix un sistema metàl·lic de coberta que ell va nomenar ala de mosca. Consistia en una armadura de "cuchillo parabólico" recte per la part superior i parabòlic per la part inferior, utilitzable per cobrir grans espais com es el cas del Palau de la Indústria.



Planta Palau de la Indústria.

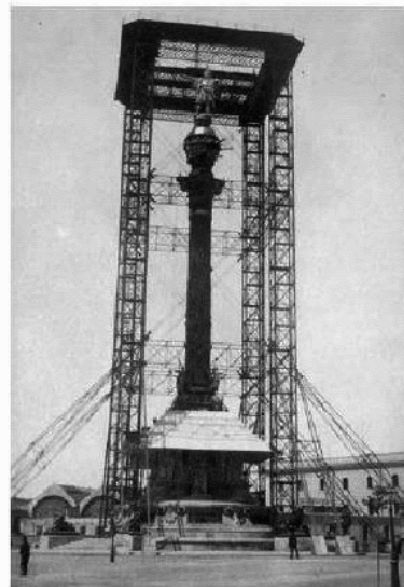


# Monument a Colom

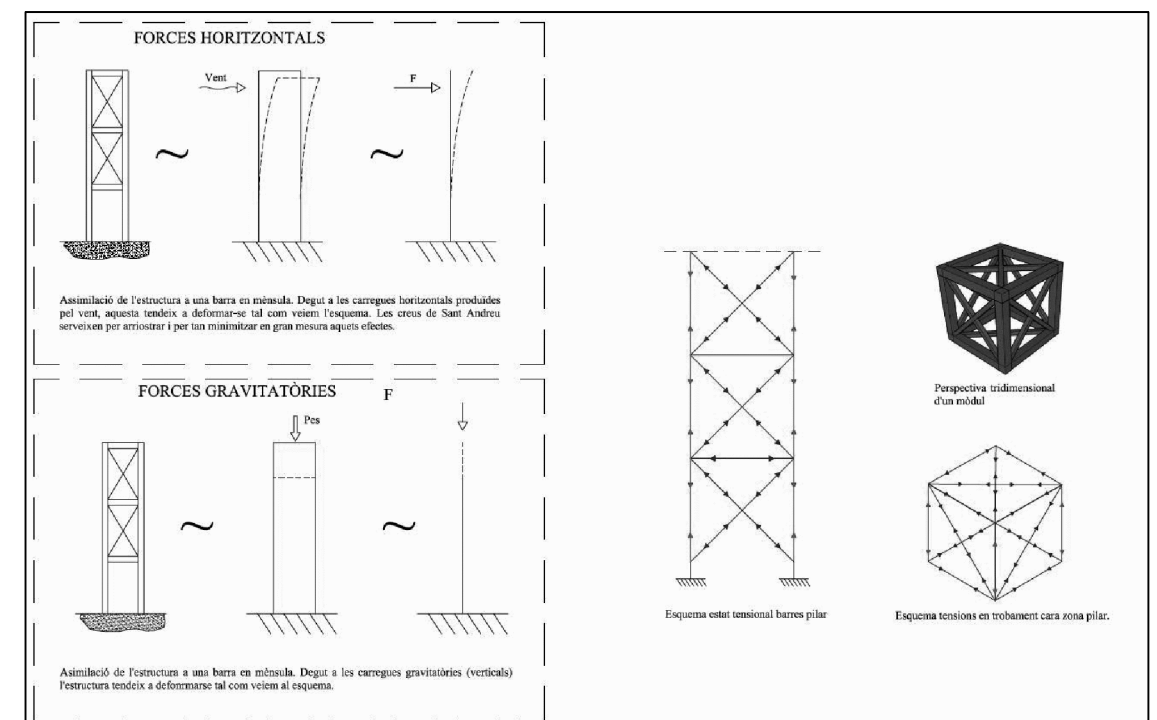
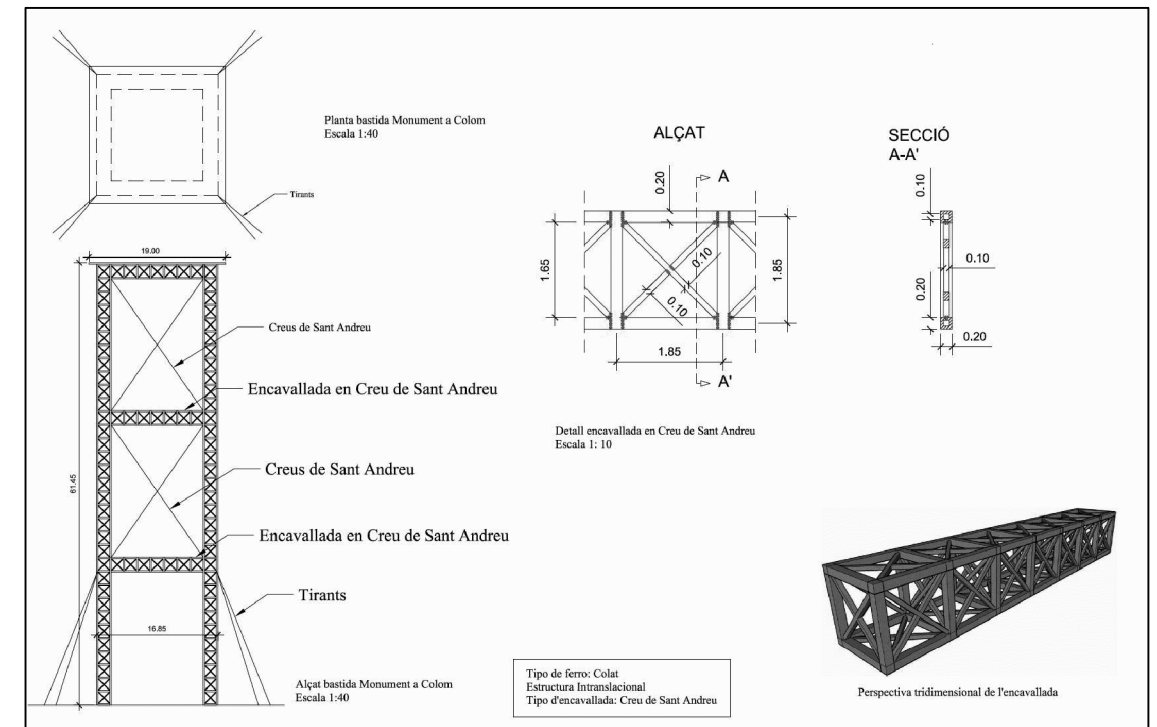
Des d'un principi ja es va veure que l'esvelt monument amb tota la seva simplicitat de línees, seria de difícil construcció. A més, les males condicions del terreny guanyat al mar va ocasionar una gran pèrdua de temps i ràpidament es van donar compte de les precaucions que s'haurien de prendre per moure les enormes peces de fundició, de gran pes i a molta altura, la qual va plantejar el problema de la bastida, que constituïa un cas nou en la construcció, per la seva imprescindible solidesa i necessària accessibilitat de forma que facilités les futures operacions.

Es va adjudicar per concurs el projecte de l'arquitecte Joan Torras i Guardiola. Aquest va dissenyar una bastida de ferro aparentment molt fina que consistia en una estructura d'uns aproximadament 61m. d'altura entrelaçat per tres galeries practicables equidistants coronades amb una plataforma de 19m. d'amplada. Cada secció anava travada per tirants creuats que en el seu interior s'allargaven més allà de la base com resistència contra el vent, considerat el principal enemic de l'andamiatge.

La bastida convertí en Joan Torras en un personatge popular i va obtenir una distinció de la Exposició Universal firmada per les figures més importants del gremi. El caràcter del monument ha mantingut aquesta obra d'en obra d'en Torras com un dels seus treballs més coneguts, reproduït arreu.

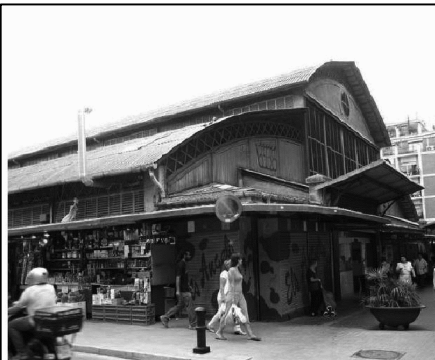


Bastida del Monument a Cristòfor Colom a Barcelona de l'arquitecte Gaetà Buigas i Monravà amb motiu de l'Exposició Universal de Barcelona de 1888.

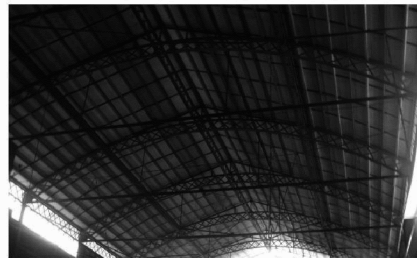
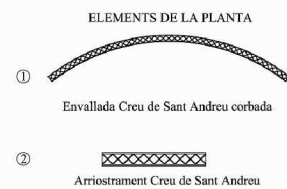




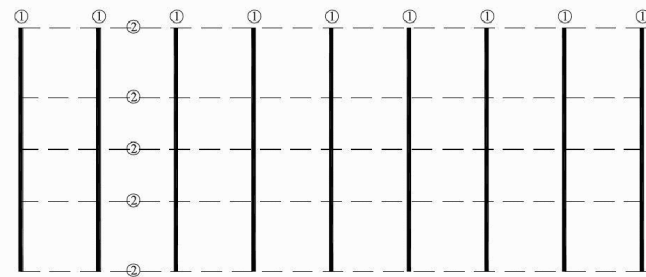
# Mercat de Gràcia



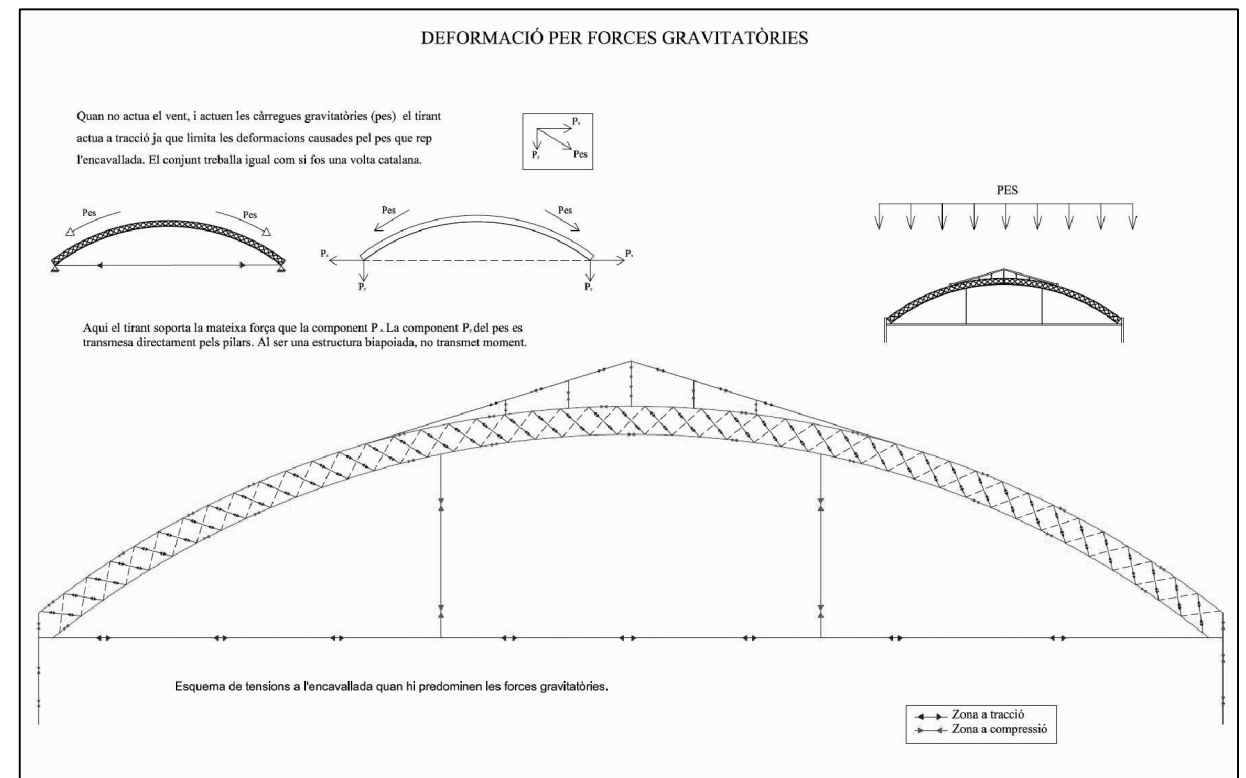
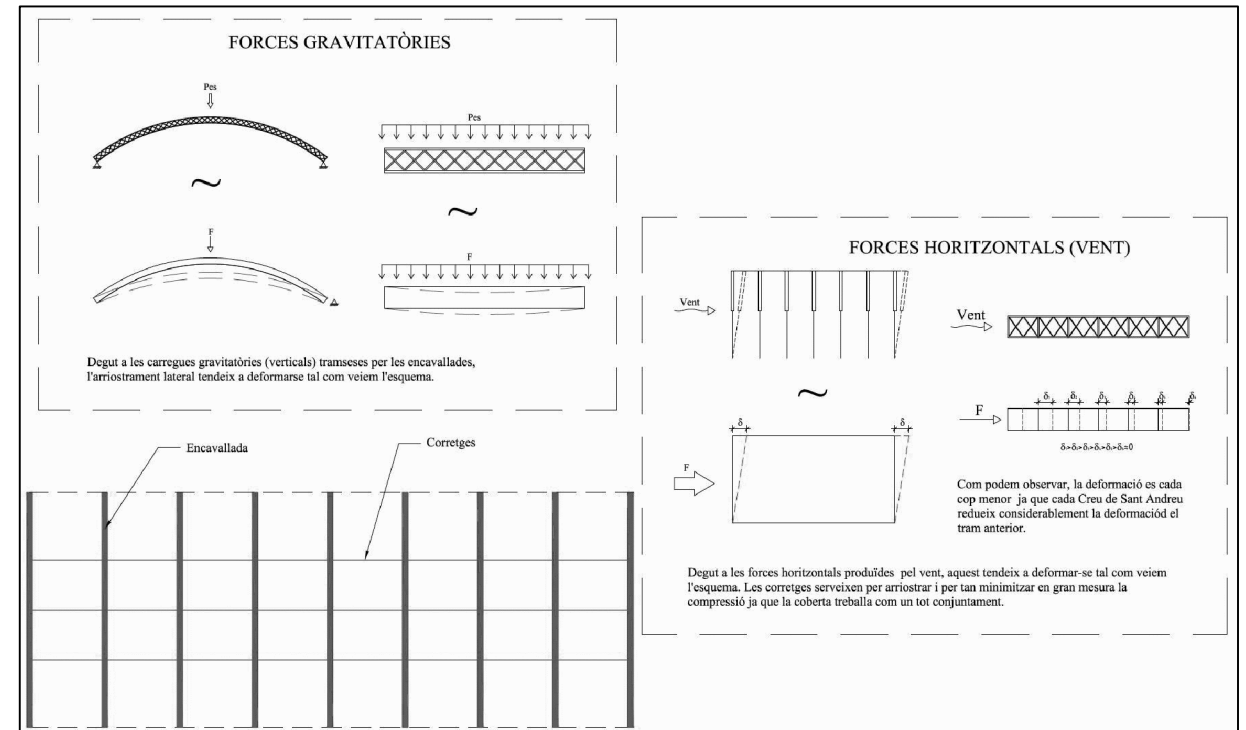
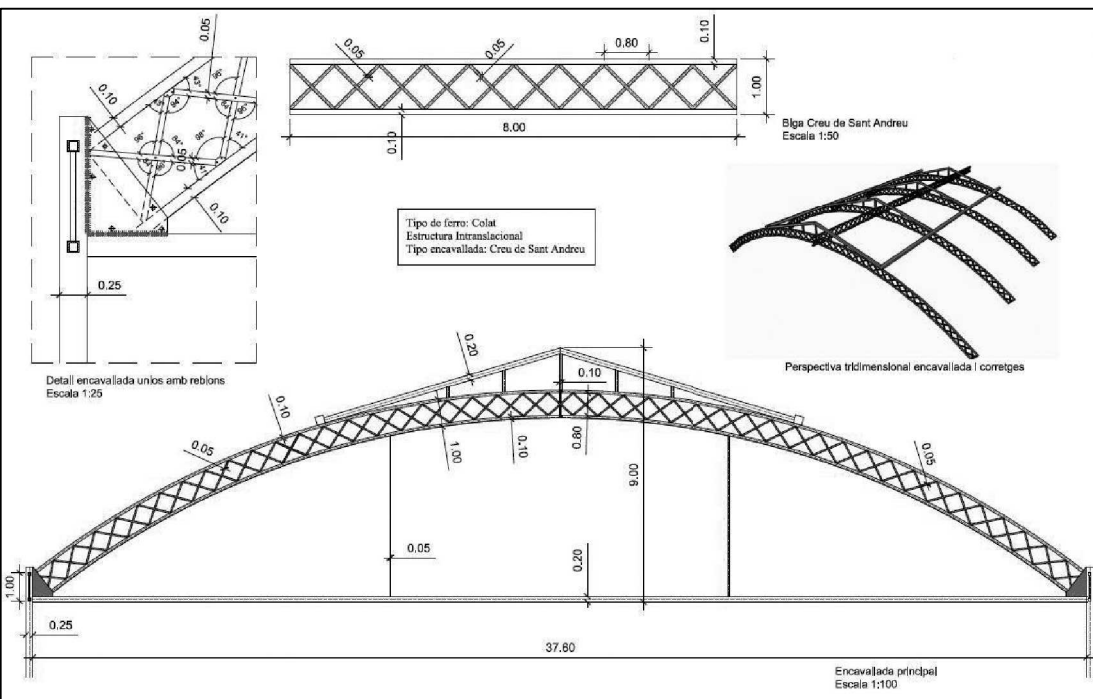
El Mercat de la Abaceria Central al Barri de Gràcia (Vila de Gràcia) de Barcelona va ser construït al 1892. Té una estructura metàl·lica amb tancaments d'obra vista i està formada per una nau central i dos passadissos laterals. L'estructura metàl·lica que suporta la coberta està formada per un sistema de gelosies corbades del tipus creu de Sant Andreu de poc cantell que donen una gran sensació d'espai.



Els tirants horitzontals amb funció de tallar llums (minimitzar la flexió) i tot un seguit de tirants verticals que unint la gelosia amb el muntant horitzontal doten de més cantell (més inèrcia) al conjunt per tal de resistir millor els esforços que rep l'estructura.

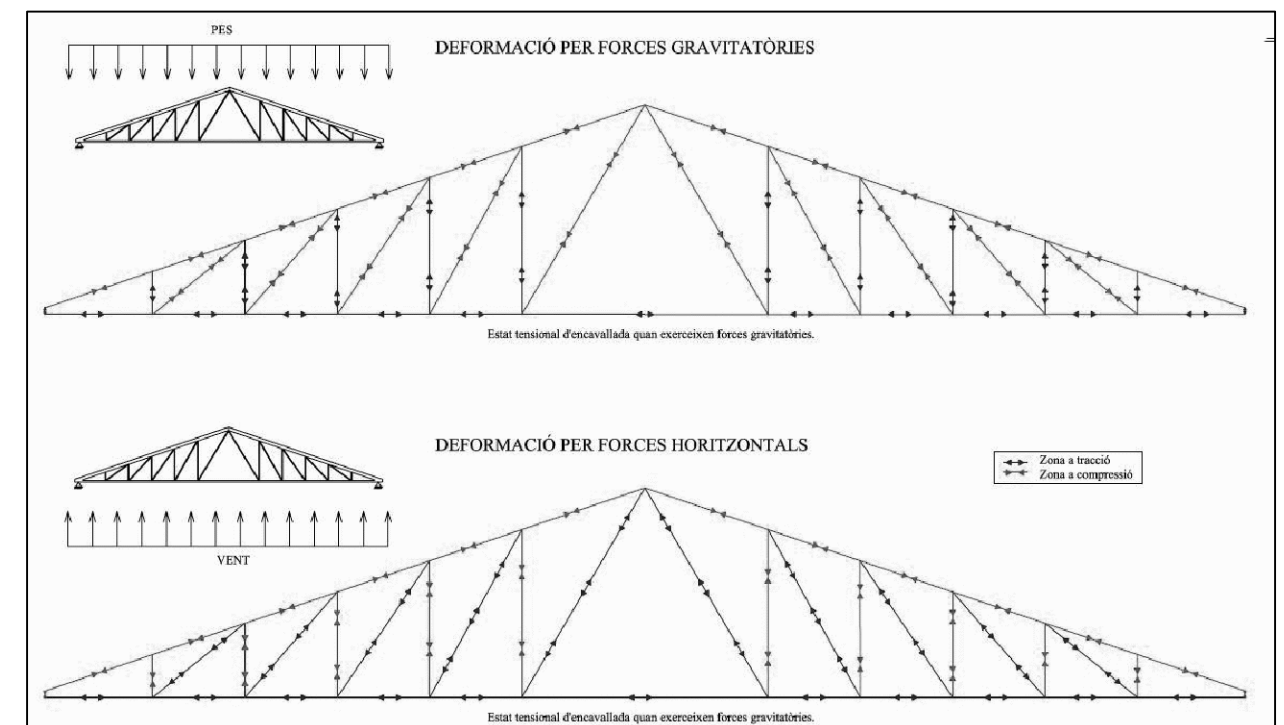
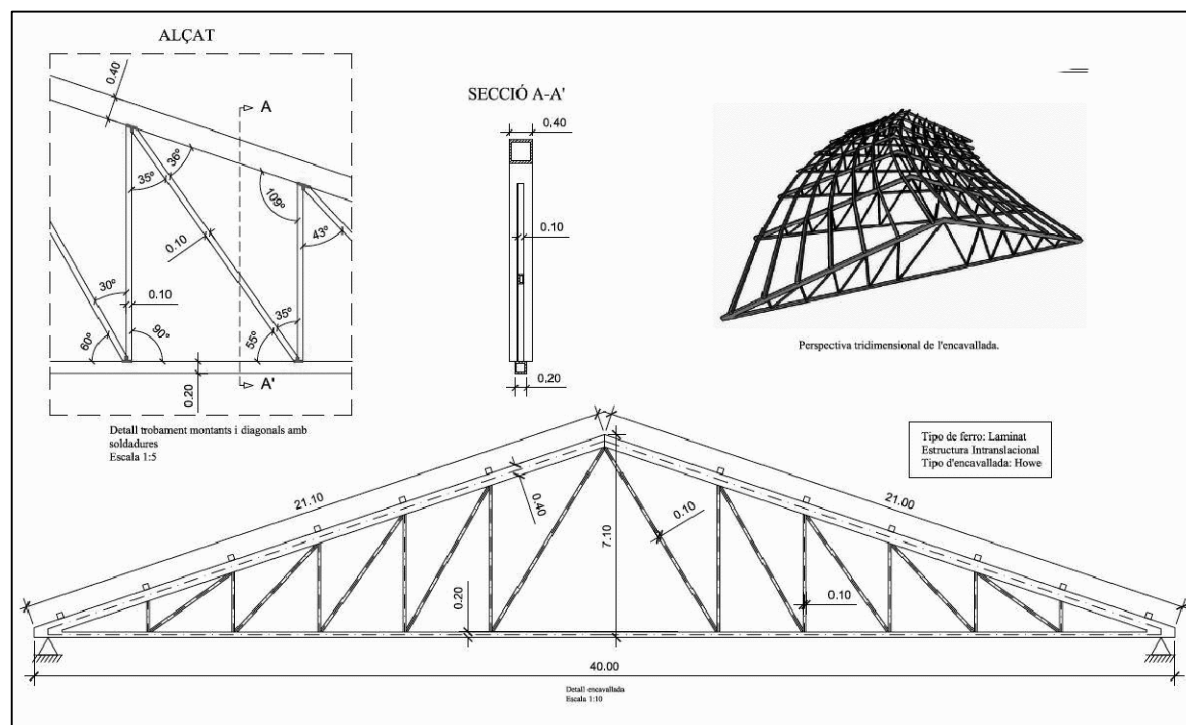
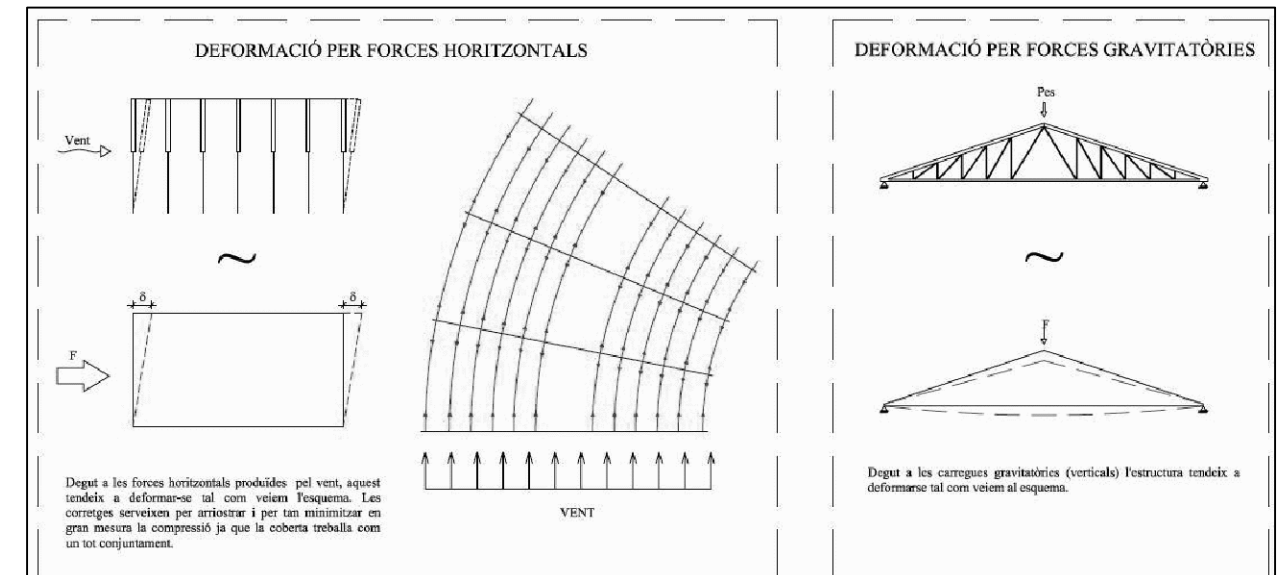
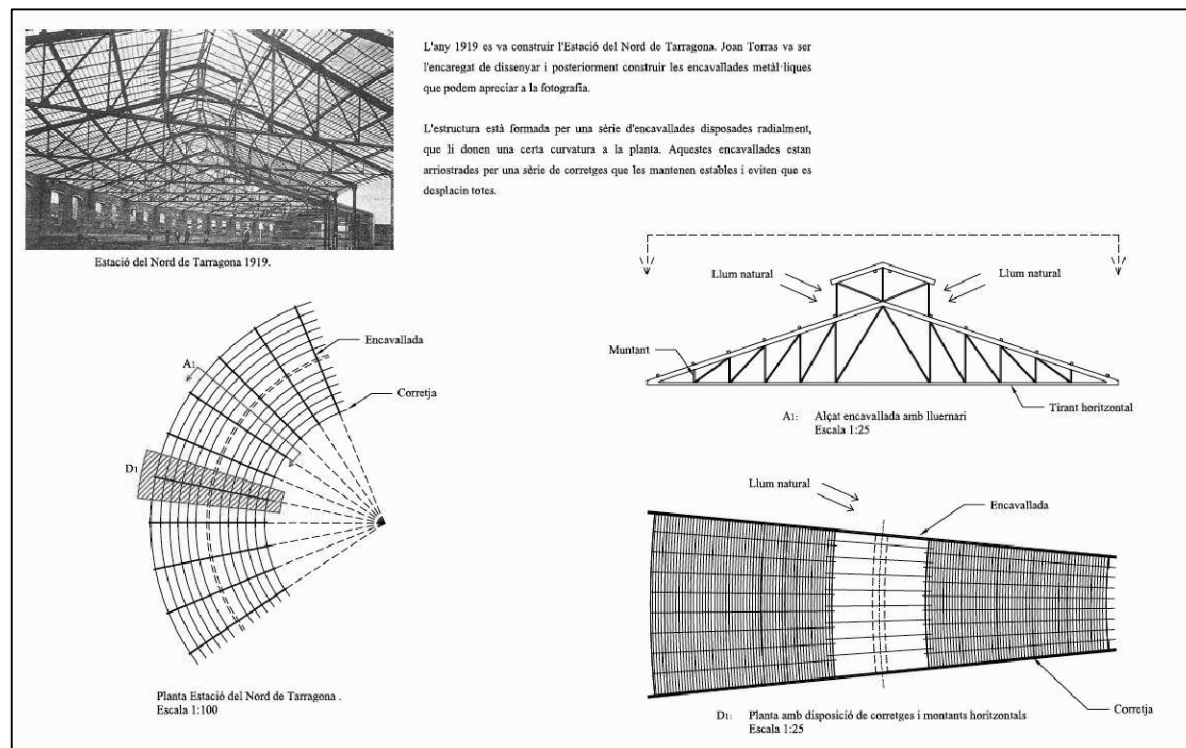


Planta esquemàtica Mercat de Gràcia





# Estació de Tarragona



# Estació de França



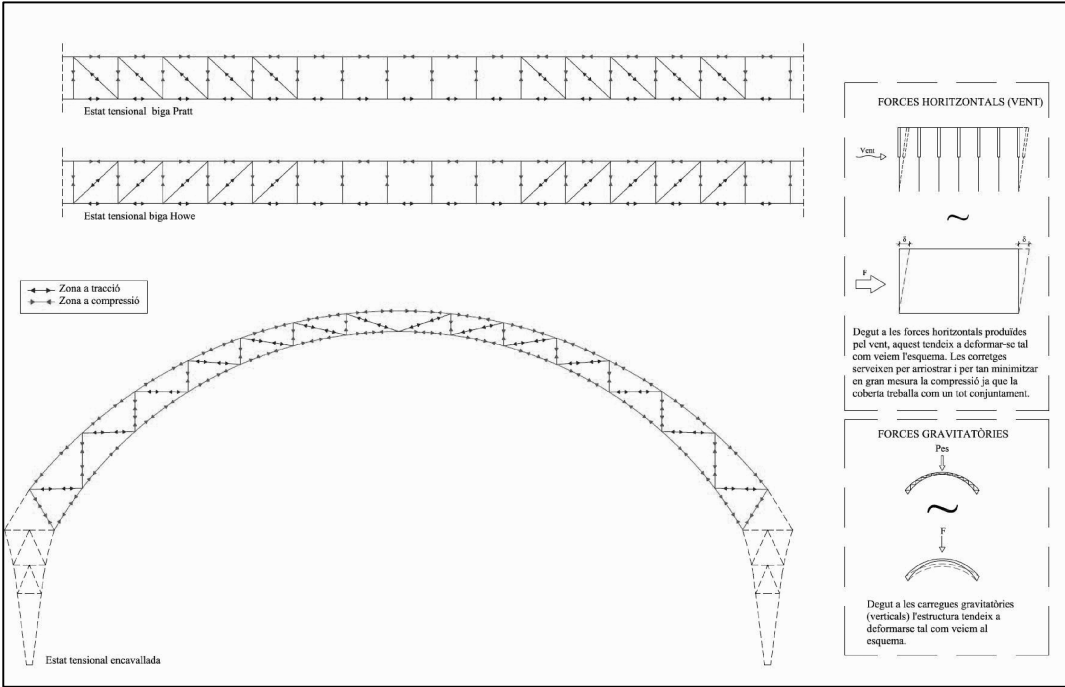
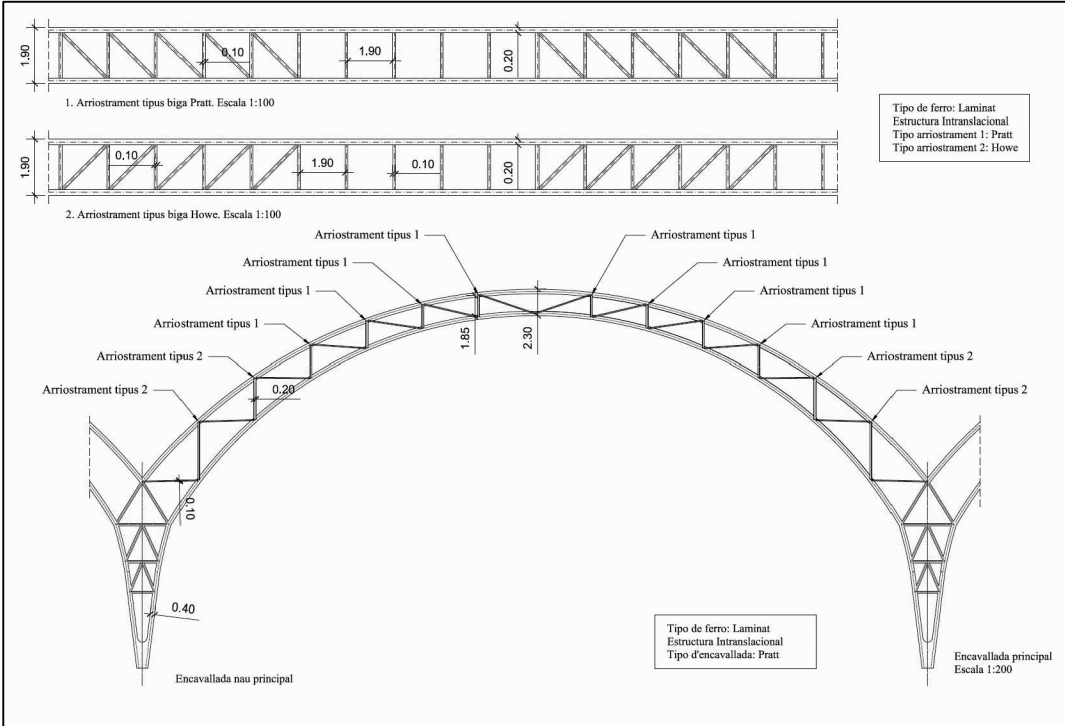
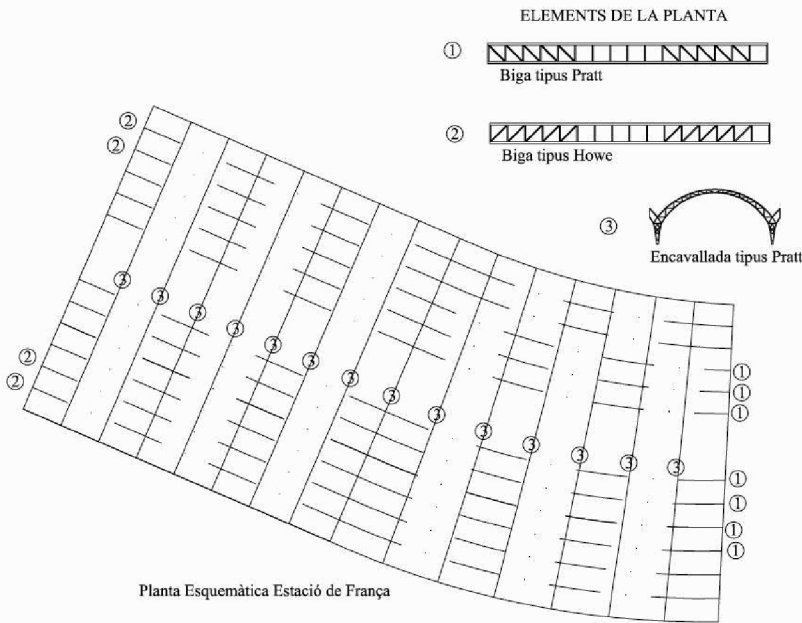
Exterior de l'Estació de França que mostra la singular disposició de la seva planta.



Interior de l'Estació de França mentre s'estava construïnt al 1928.

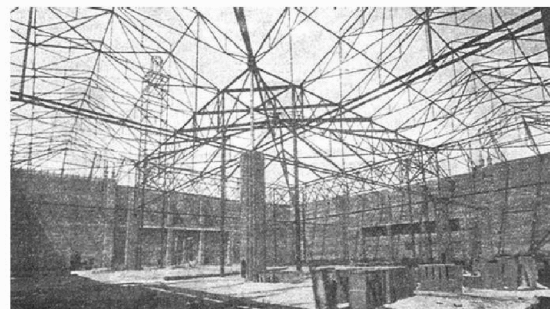
L'any 1919 es va construir l'Estació del Nord de Tarragona. Joan Torras va ser l'encarregat de dissenyar i posteriorment construir les encavallades metàl·liques que podem apreciar a la fotografia.

L'estructura està formada per una sèrie d'encavallades disposades radialment, que li donen una certa curvatura a la planta. Aquestes encavallades estan arriostrades per una sèrie de bigues que les mantenen estables i eviten que es desplacin totes.





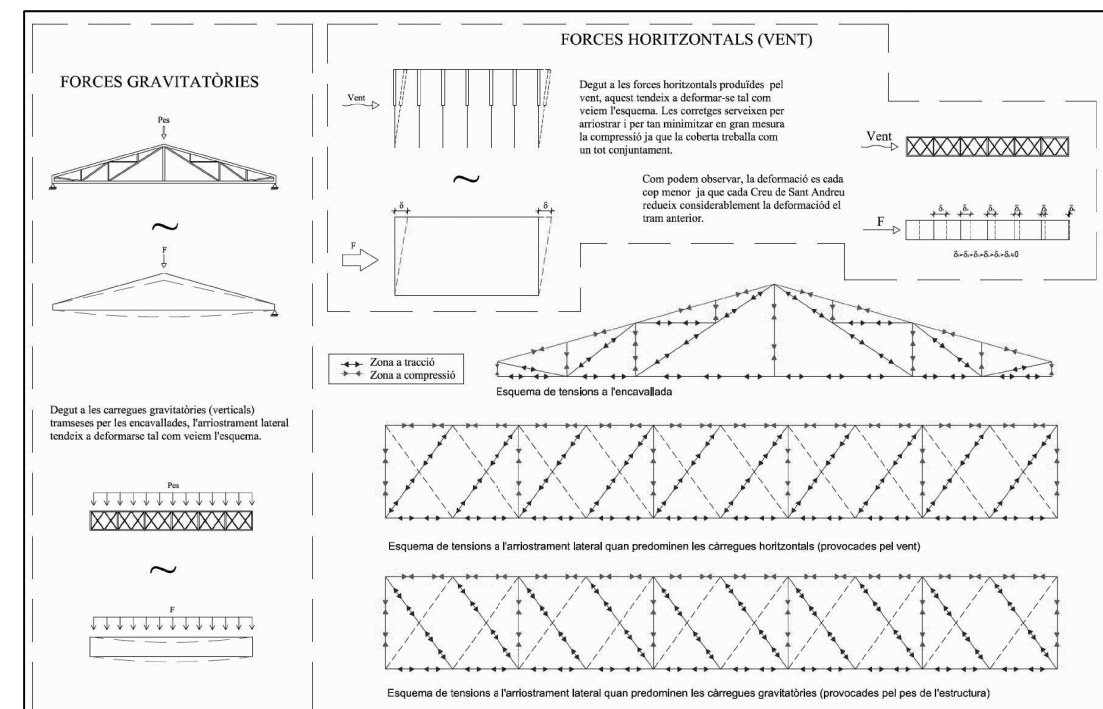
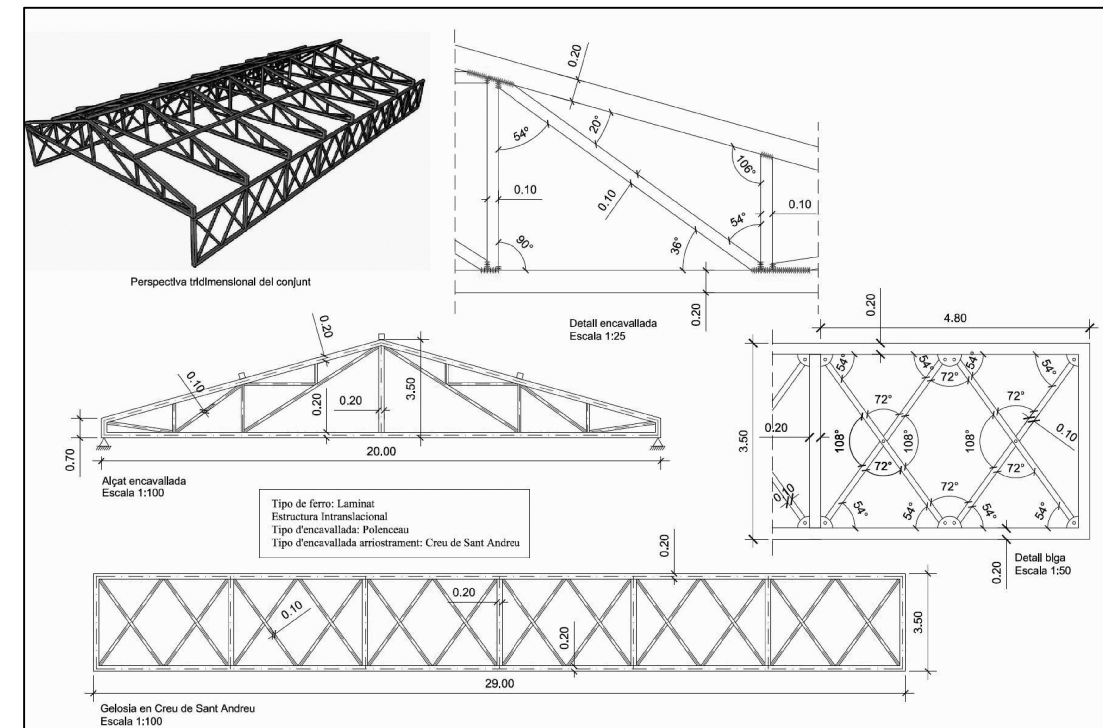
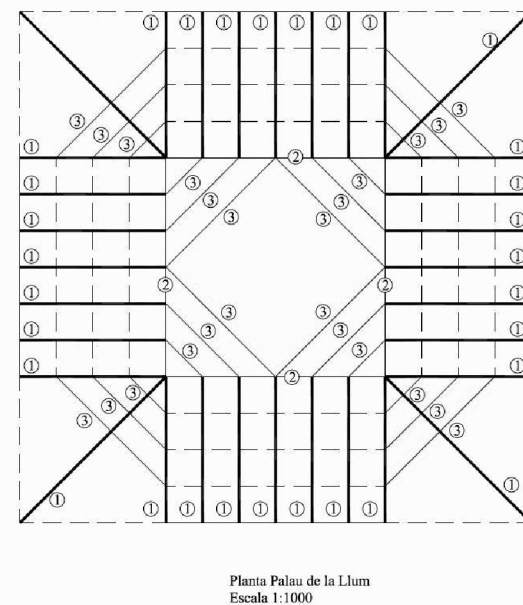
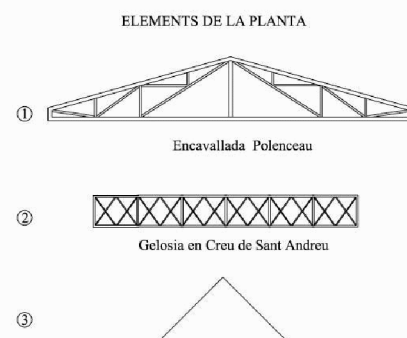
# Palau de la Il·lum



El Palau de la Llum al 1928

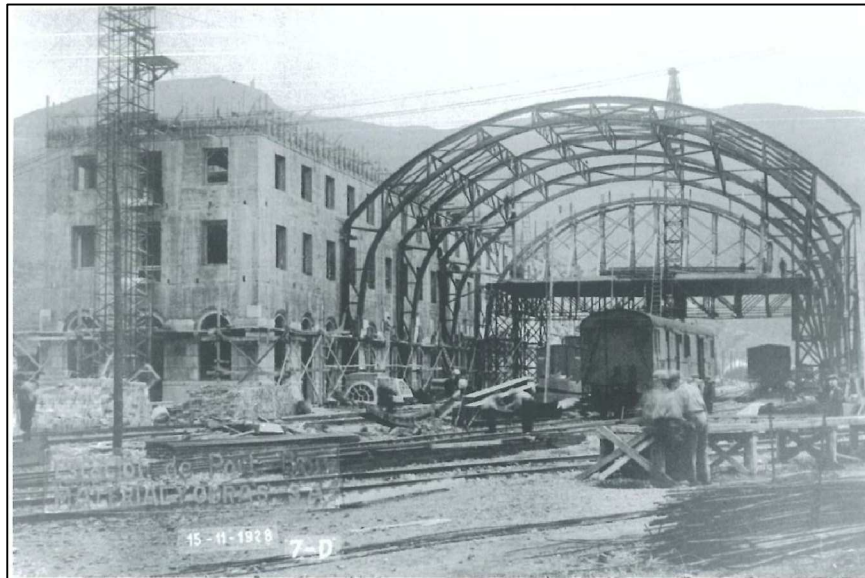
El Palau de la Llum va ser construït amb motiu de l'Exposició Internacional de Barcelona del 1928. L'edifici tenia una forma quadrada amb un espai lliure al mig.

Consta d'una estructura metàl·lica a base d'una sèrie d'encavallades colocades sobre una gelosia de Creu de Sant Andreu. Les encavallades estan arriestrades amb unes corretges longitudinals per donar estabilitat a l'estructura.





# ESTACIÓ DE PORTBOU



L'Estació de Portbou és un edifici del 1929, construïda per la Companyia dels Ferrocarrils de Madrid a Saragossa i a Alacant, substituï la primera del 1870 construïda per la Companyia dels Ferrocarrils de Tarragona a Barcelona i França.

Destaca la gran marquesina en forma de volta de ferro i vidre que cobreix les andanes principals de viatgers. Fou construïda pels tallers de Joan Torras i Guardiola. Torras era conegut com l'Eiffel català pel seu domini de les estructures de ferro i grans obres d'enginyeria com els mercats de Lleida, Tortosa i la Torre d'Aigües del Tibidabo, a Barcelona.

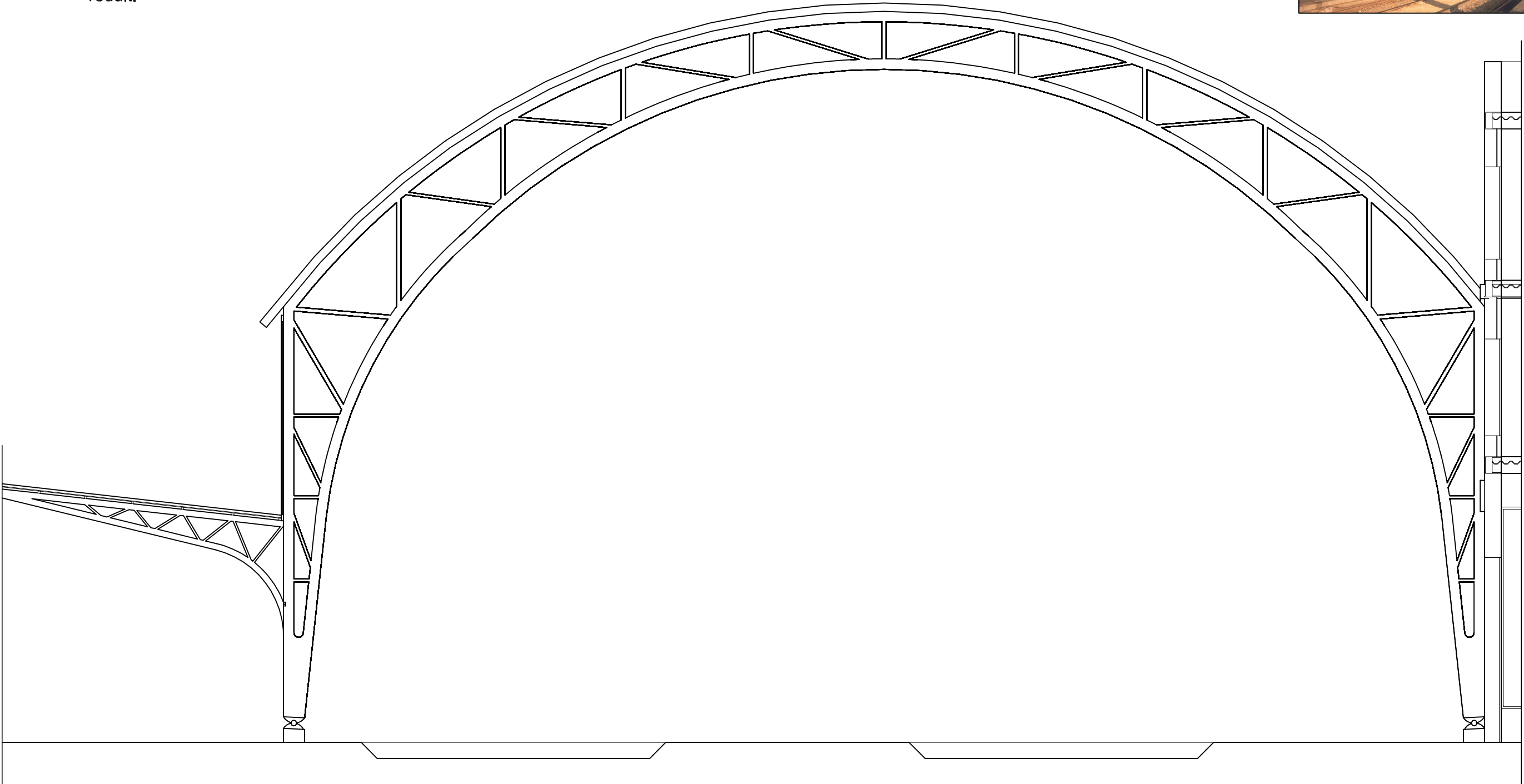
Les instal·lacions, donada la seva situació d'estació fronterera, són de grans dimensions, en la qual es podria dividir entre la zona de viatgers i la zona de mercaderies. Quant a la zona per a viatgers, l'estació diposa de cinc vies d'ample ibèric amb tres andanes, comunicades a través de passos a nivell i un pas inferior. Aquesta zona de vies està coberta per una gran marquesina construïda l'any 1929, a imatge de la famosa coberta de l'Estació de França.

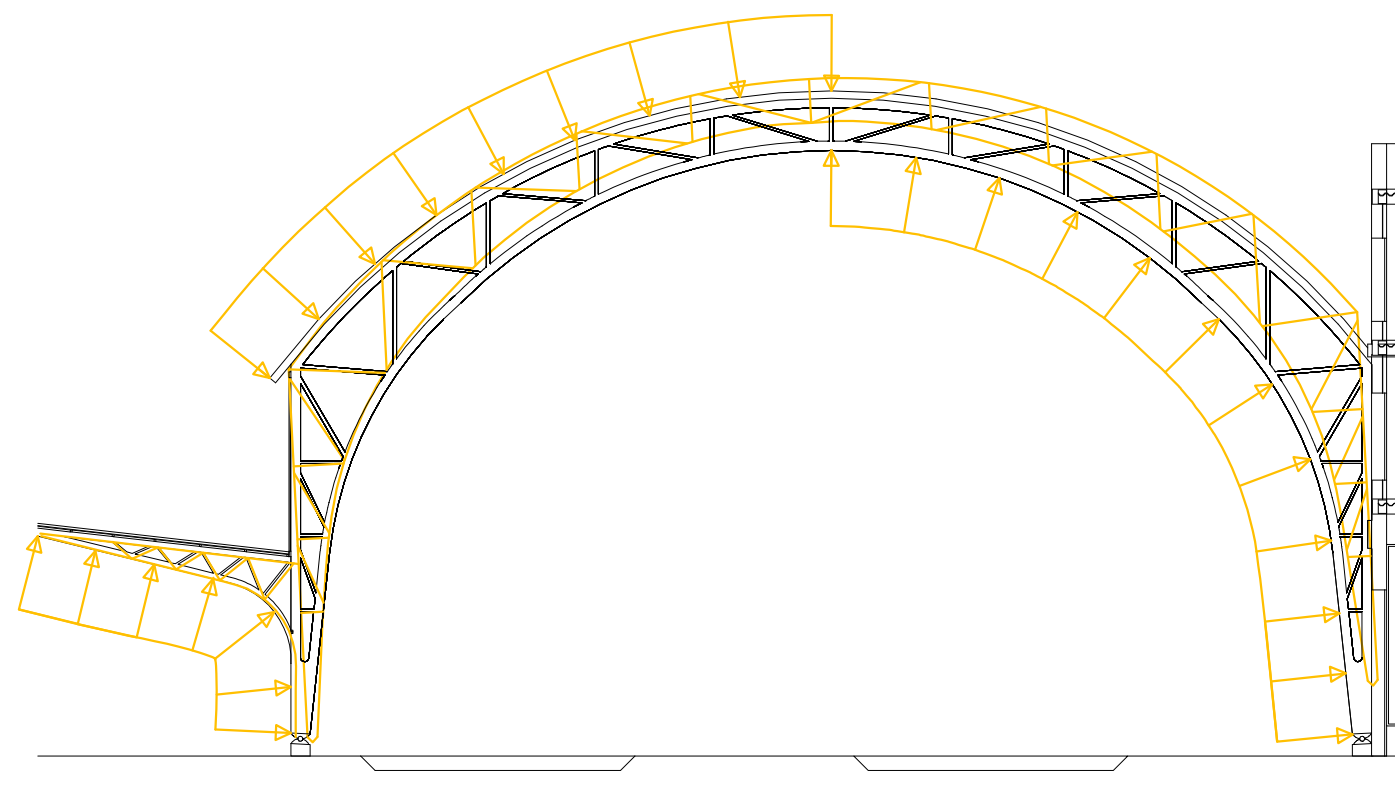
L'obra fou portada a terme com a porta d'entrada de l'Exposició Universal de Barcelona de l'any 1929.



SECCIÓ VERTICAL

Es tracta d'una gran encavallada de acer en gelosia amb dos suports recolçats, amb un tram en voladiu. El material y la geometria permeten aconseguir una gran llum amb un pes reduït.



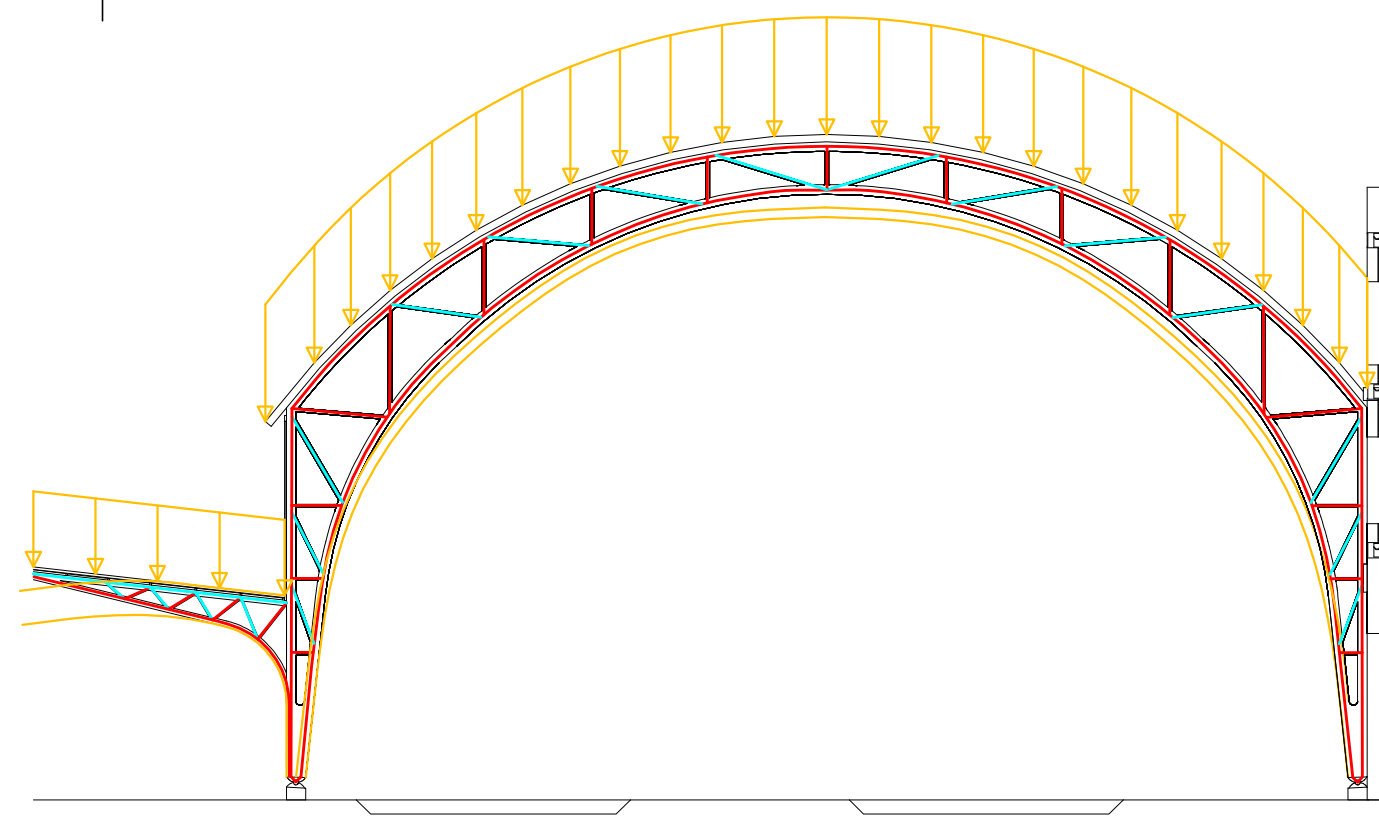


### REACCIÓ AL VENT

Degut a la gran obertura que té l'estructura per els extrems la força que provoca l'aire es prou important. La estructura funcionarà a tracció quan el vent incideixi per sota. Quan el vent incideixi per sobre la estructura treballarà a compressió. Degut a la configuració de la celosia de la estructura amb les barres obliques de esquerra a dreta cap abaix.

### ACCIONS VERTICALS

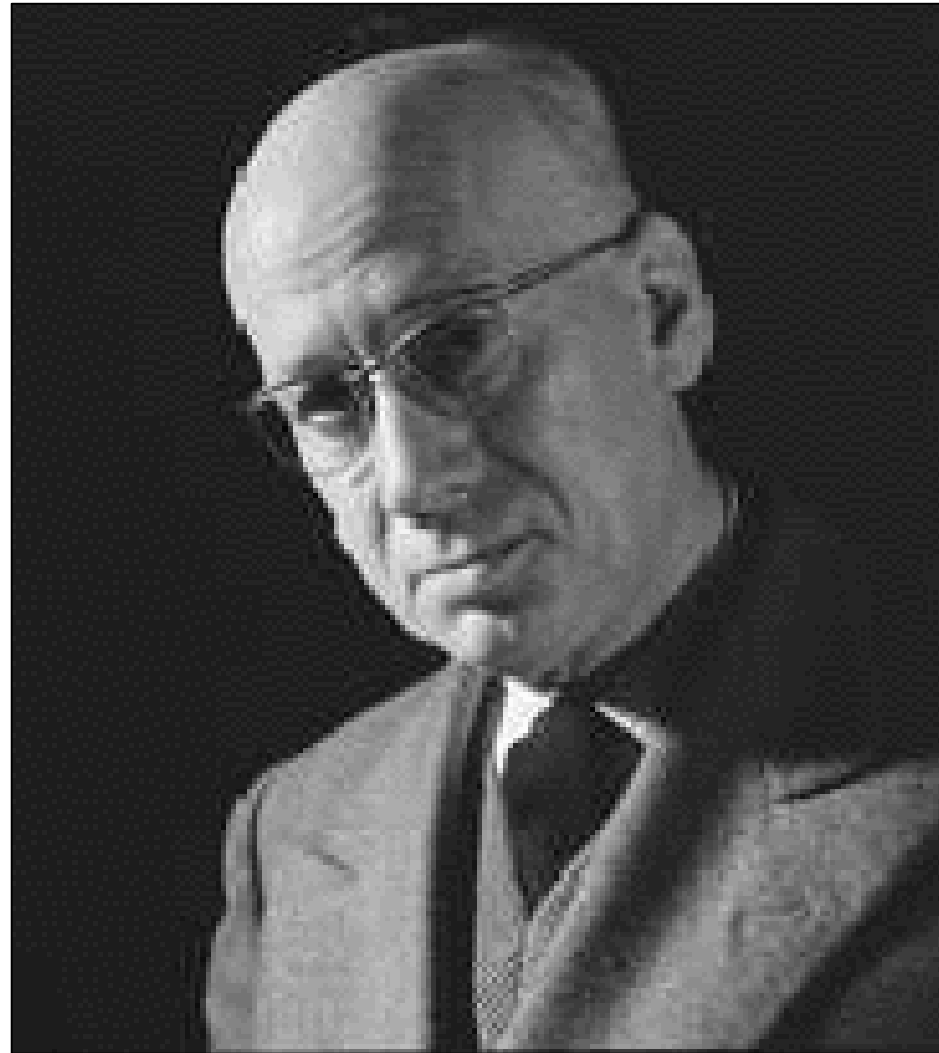
El pes propi es la major carrega, sent insignificant la del manteniment. La rotula que existeix a la base fa que la estructura sigui com una viga continua amb dos suports y dos trams, un d'ells, el petit, en voladiu.





3. Autors i Obres  
3.3. Formigó Armat

# EDUARDO TORROJA



Eduardo Torroja  
(Madrid 1899 - 1961)

Eduardo Torroja ingresà a l'Escola d'Enginyers de Camins el 1917, i a l'acabar la carrera el 22 de gener de 1923 desseguida es posà a treballar a la Companyia de Constuccions Hidràuliques Civils, dirigida per un antic professor seu de l'Escola de camins, José Eugenio Ribera, i on treballaria fins al 1927 portant a terme importants projectes entre els quals destaquen per la novetat del procediment la fonamentació del pont de Sancti-Petri a San Fernando (Cádiz).

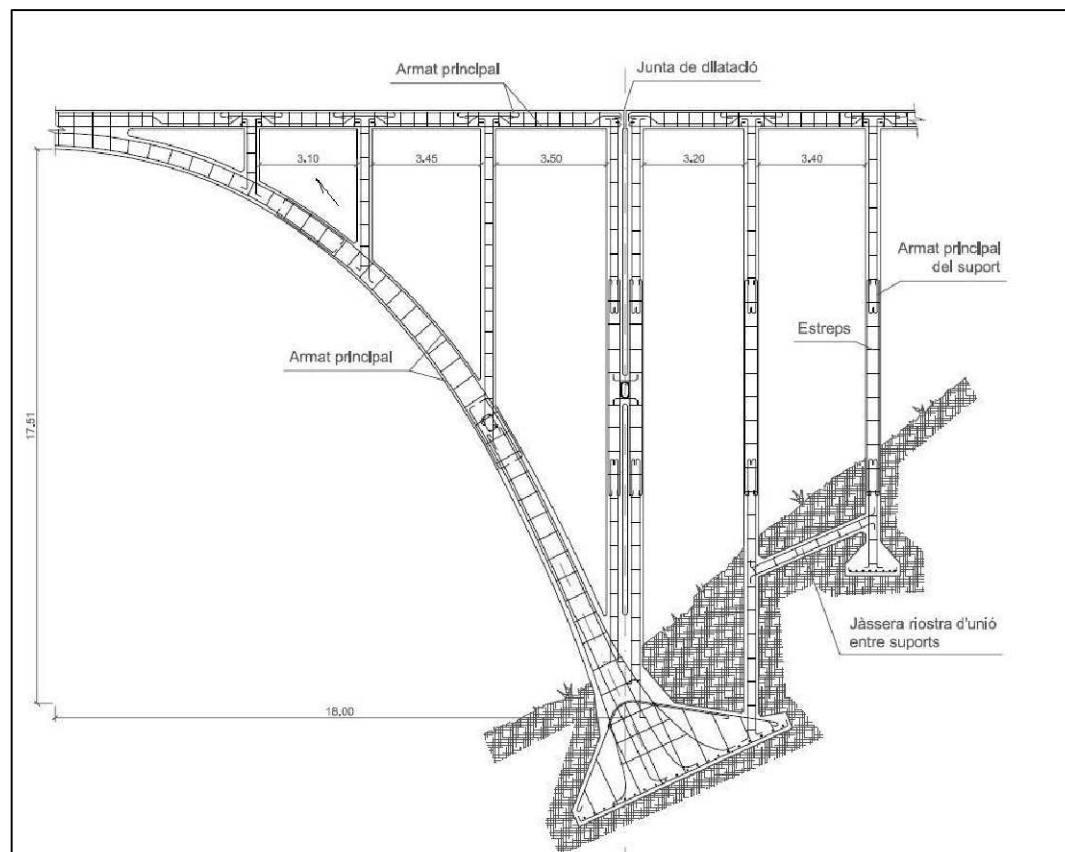
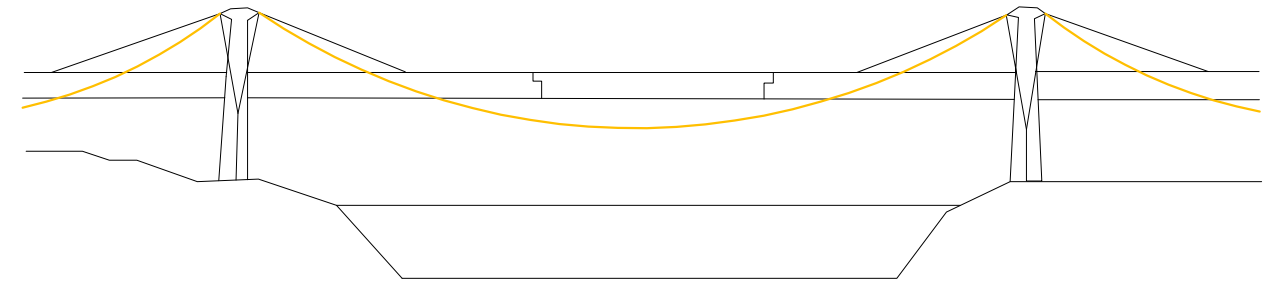
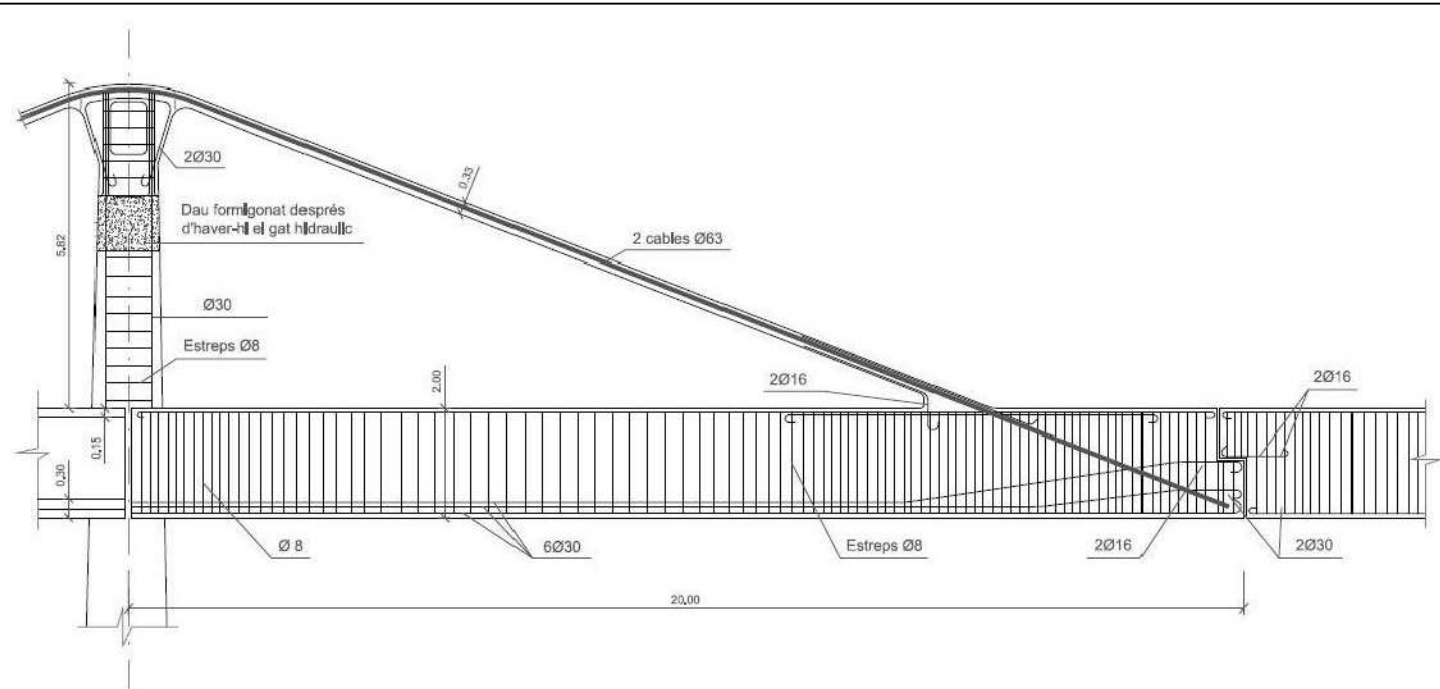
A continuació obre una oficina de projectes propia a Madrid on continua el seu treball, projectà el 1933 la coberta del Mercado de Abastos de Algeciras, una obra realment excepcional per la època.

Com a novetat del seu estudi podem anomenar l'ús de models experimentals a petita escala, que realizava per a totes les estructures que projectava en aquella època, com poden ser, l'anfiteatro del Hospital Clínico en la Ciudad Universitaria, el Frontón Recoletos o les cobertes i graderies de l'Hipódromo de la Zarzuela, tots ells a Madrid.

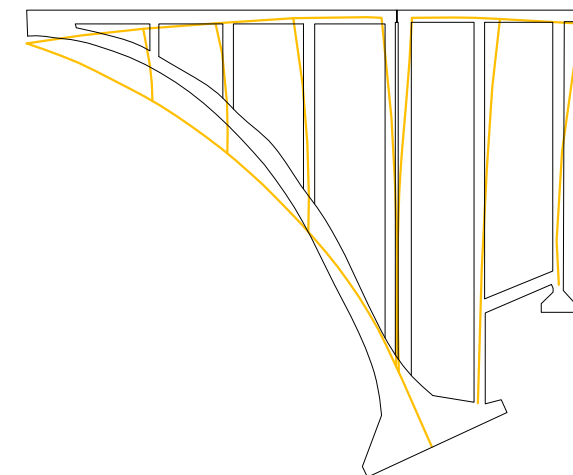
El 1932 projectà juntament amb l'arquitecte Manuel Sánchez Arcas, la Central Tèrmica de la Ciudad Universitaria de Madrid. Pel qual van rebre el Premio Nacional de Arquitectura el 1932. Empenyat en millorar les tècniques de construcció crea, juntament amb un reputat grup d'arquitectes i ingengier l'empresa ICON, amb laboratoris apropiats per a la investigació.

Sense abandonar les seves activitats de projectista d'estructures, participa a partir de 1948, en les activitats de multitud de comissions i organitzacions científiques. La última part de la seva vida la desenvolupa en plena activitat científica a l'institut tècnic de la construcció i el ciment, en homenatge a ell anomenat "Instituto Eduardo Torroja.

# Aqüeducte de tempul



# Viaducte del aire



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Diaz  
Rubén Sanz Fernandez

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Seccions y deformades

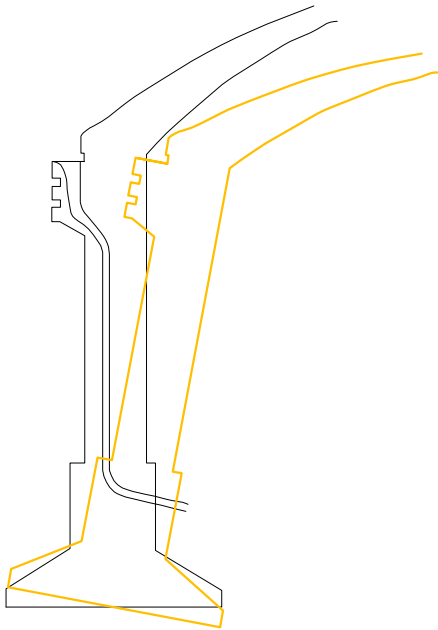
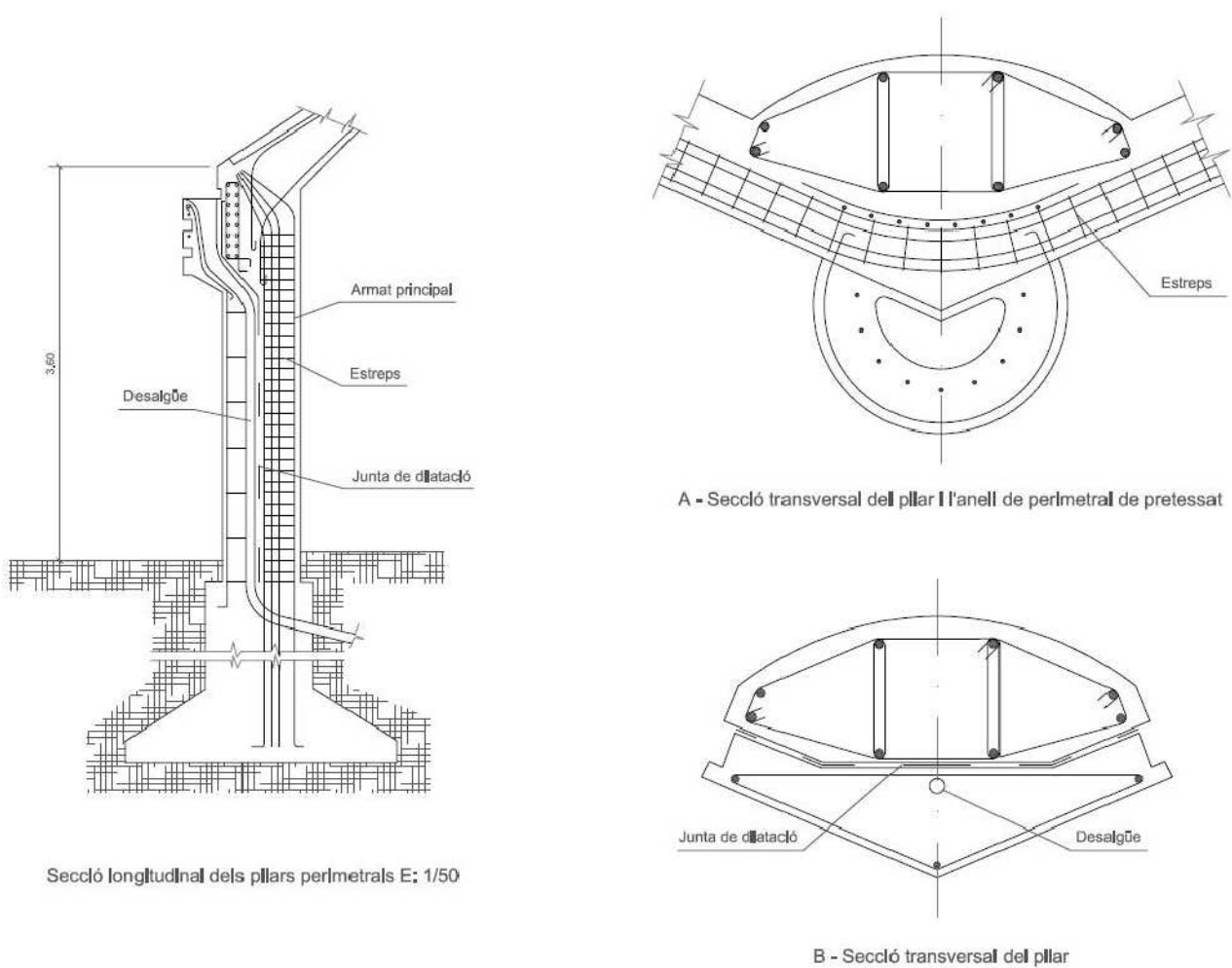
Autor: Eduardo Torroja

Obra: Acueducte de Tempul y  
Acueducte del aire

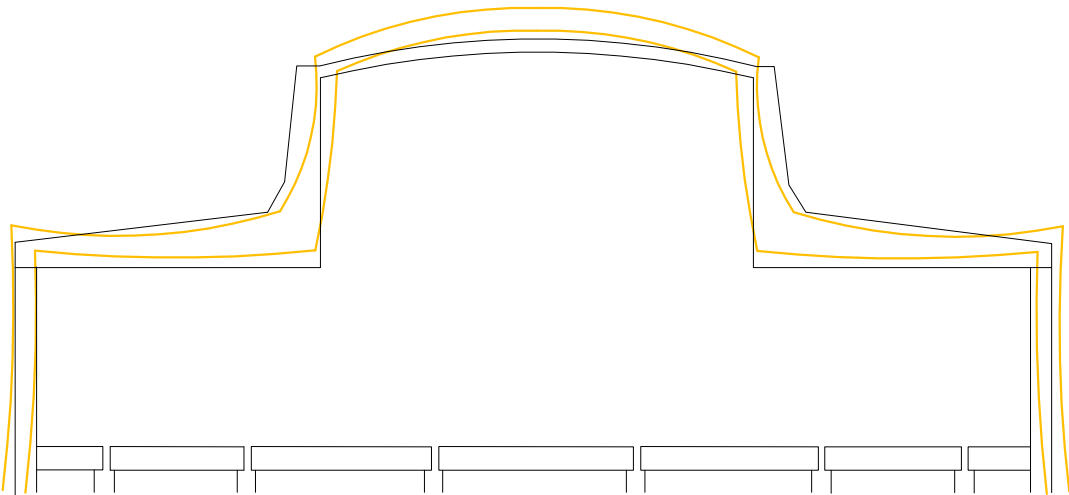
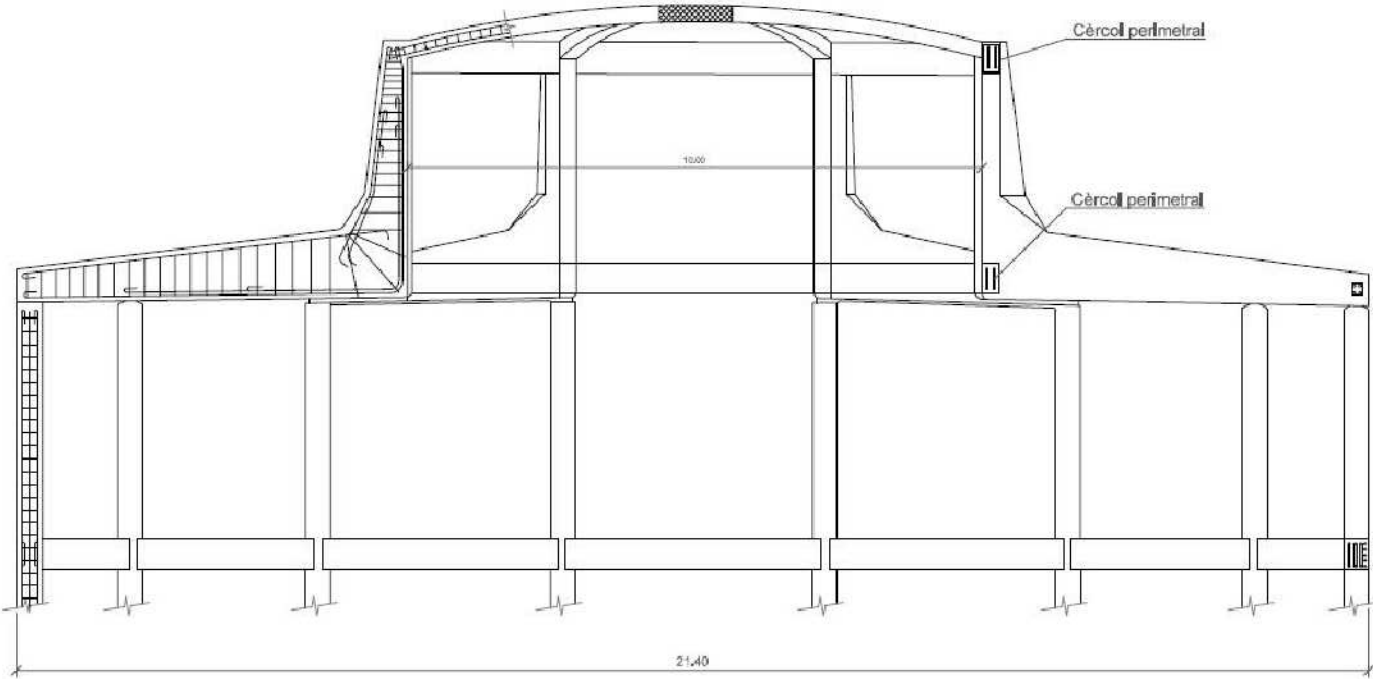
100



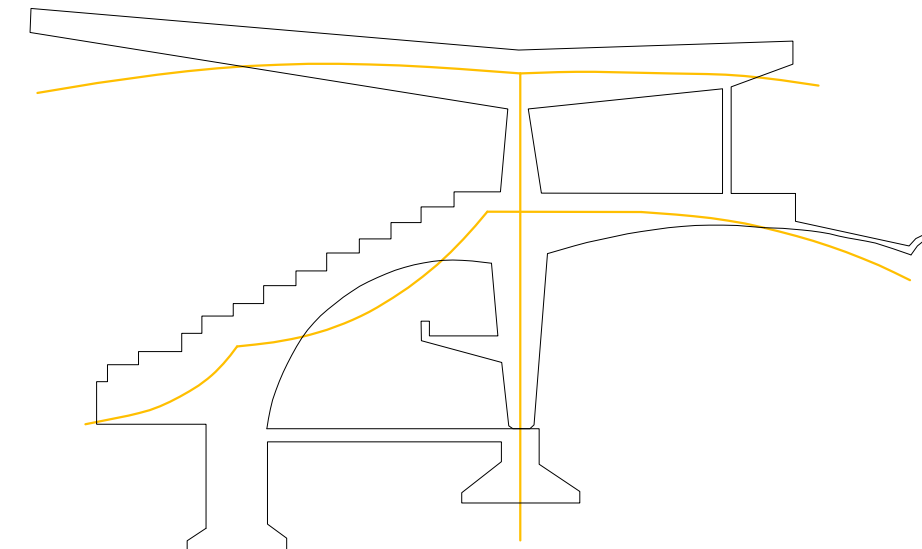
# Coberta mercat algecires



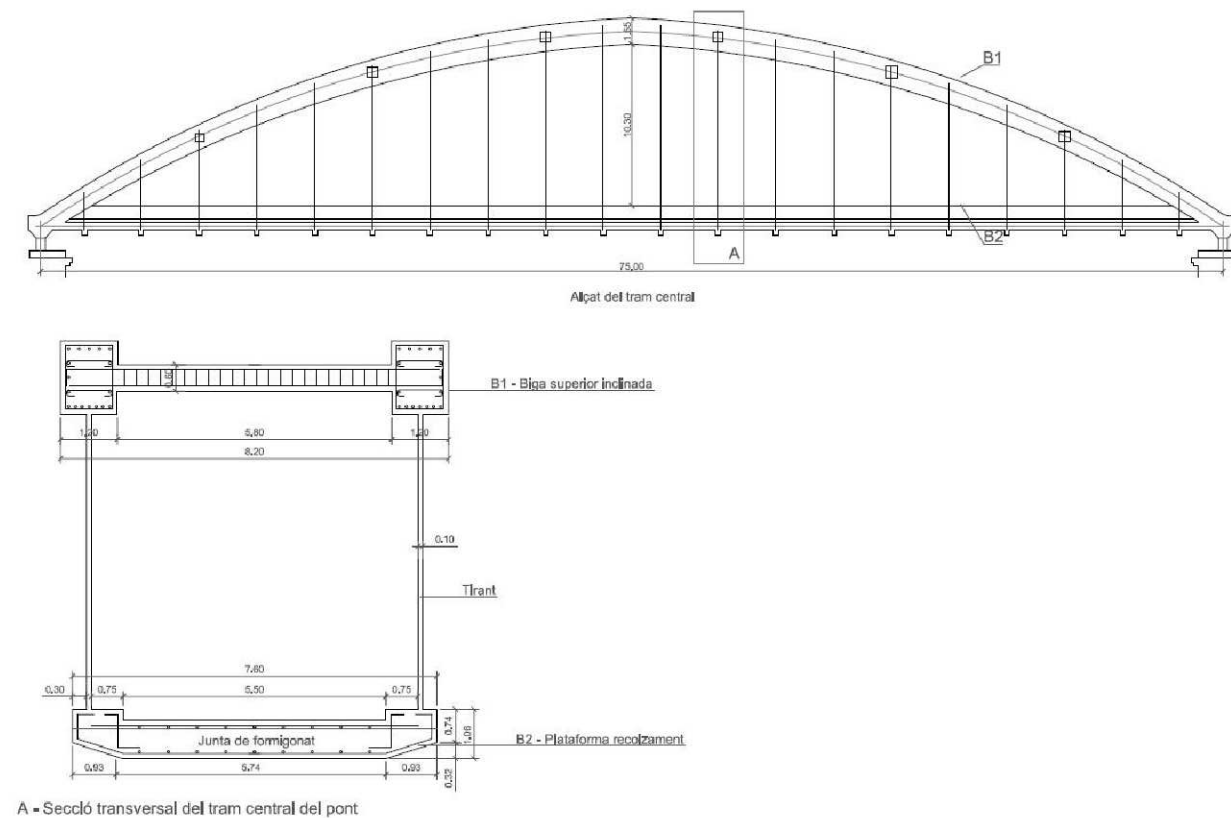
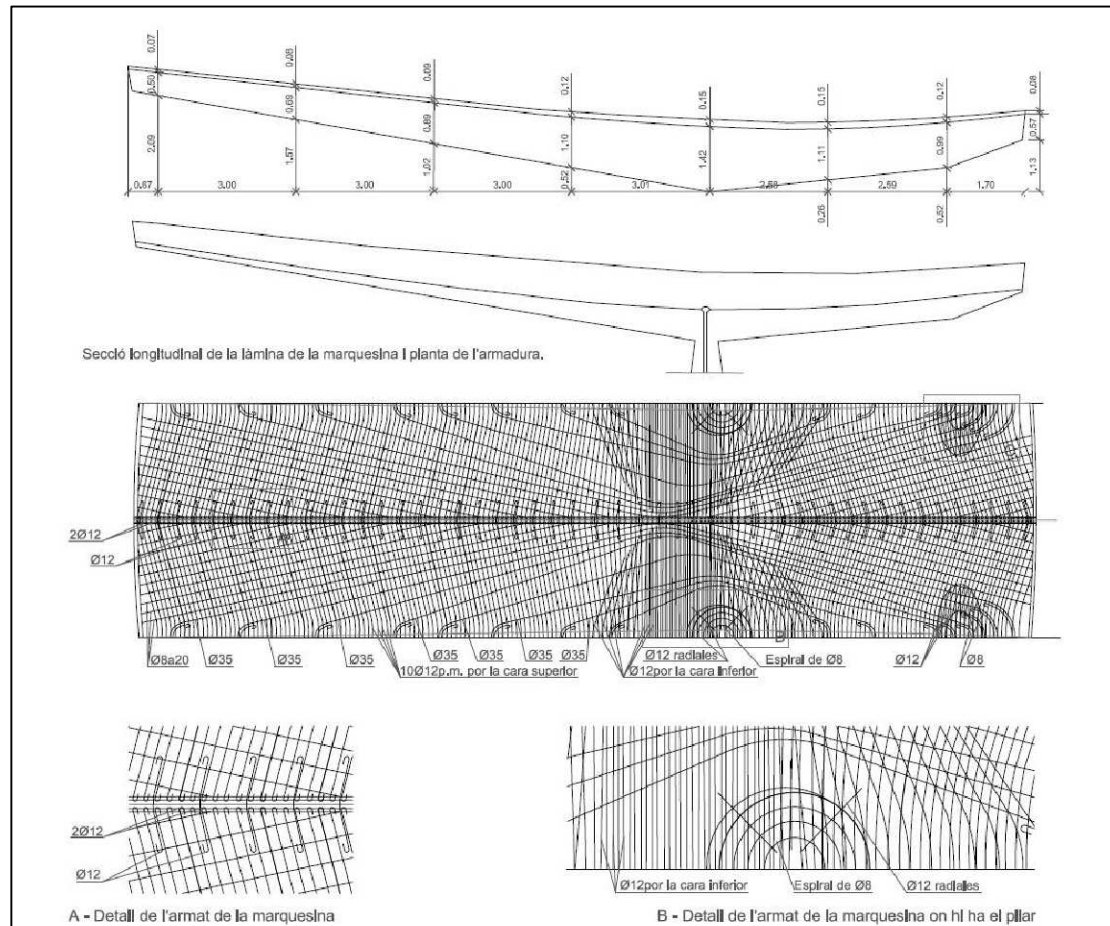
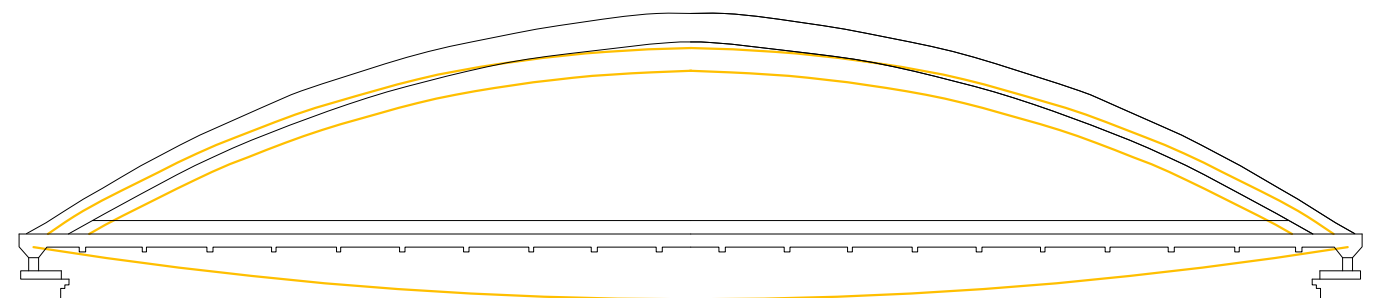
# Coberta hospital clinic Madrid



# Hipòdrom la Zarzuela



# Pont del perdut



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Diaz  
Rubén Sanz Fernandez

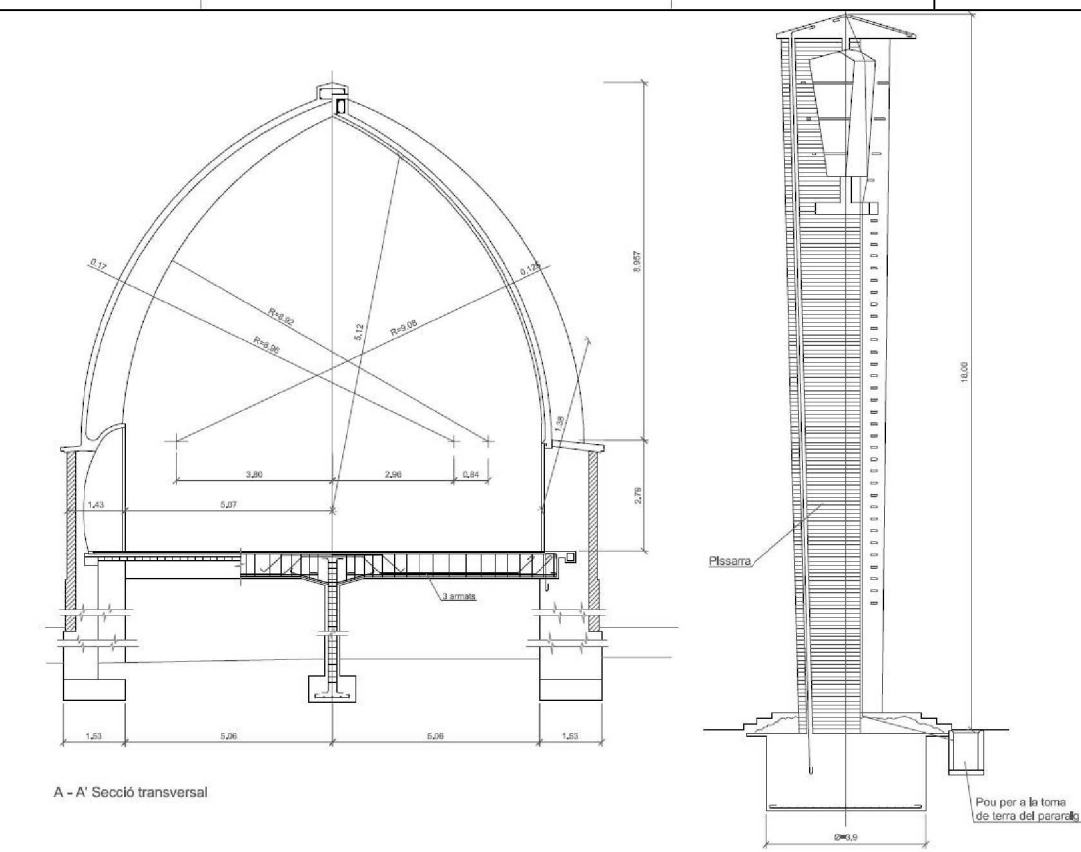
Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Seccions y deformades

Autor: Eduardo Torroja

Obra: Hipòdrom de la Zarzuela i Pont del perdut

102



## A technical line drawing of a mechanical assembly, possibly a pump or engine component. The drawing shows a complex structure with a large, curved, and stepped upper section. A yellow line traces a path through the assembly, starting from the bottom left, moving up and right, then following a curved path through the upper section, and finally exiting to the right. The drawing is composed of black outlines on a white background.



# CARLOS FERNANDEZ CASADO



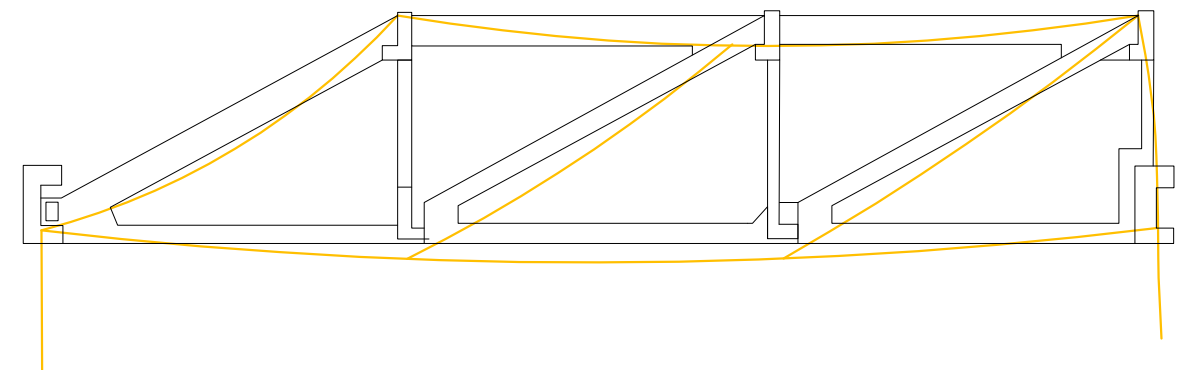
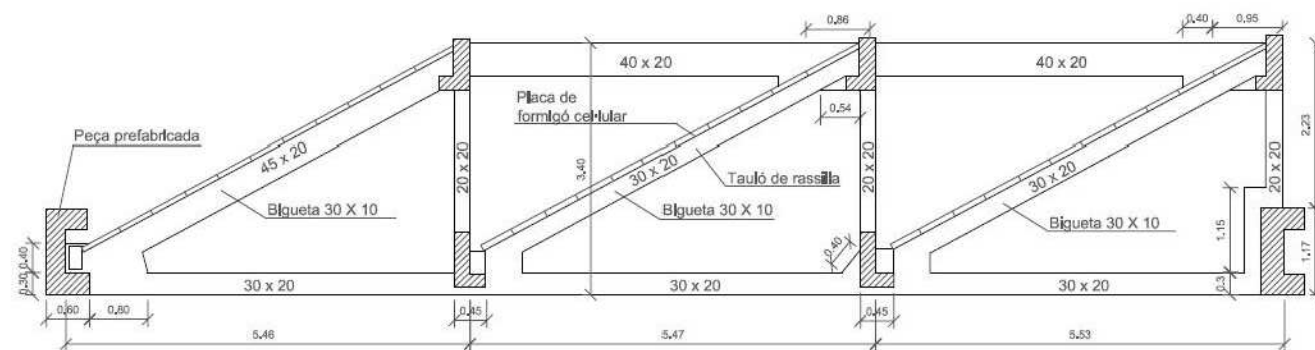
Carlos Fernandez Casado  
(Logroño 1905 - 1988 Madrid)

Va estudiar la carrera d'enginyer de camins, canals i ports, acabant els estudis el 1924. Durant mes de cinquanta anys des de que va obtenir el títol la seva activitat es va dirigir en diverses direccions.

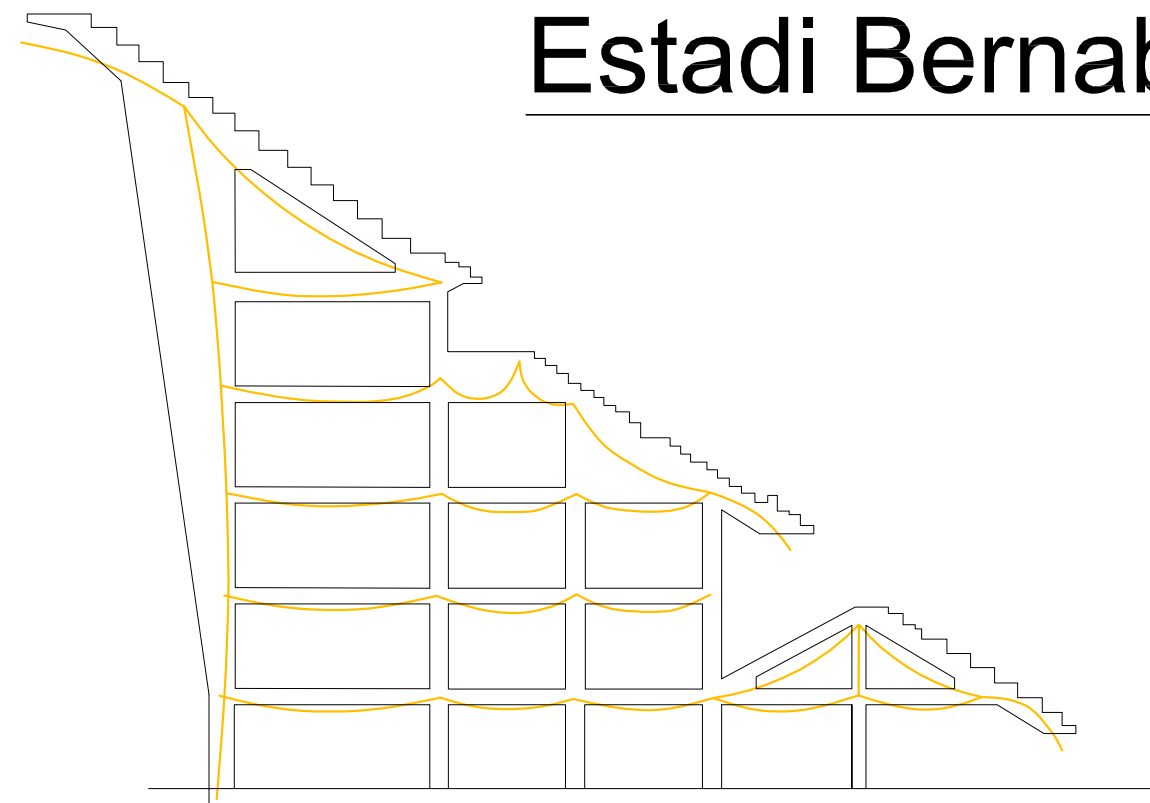
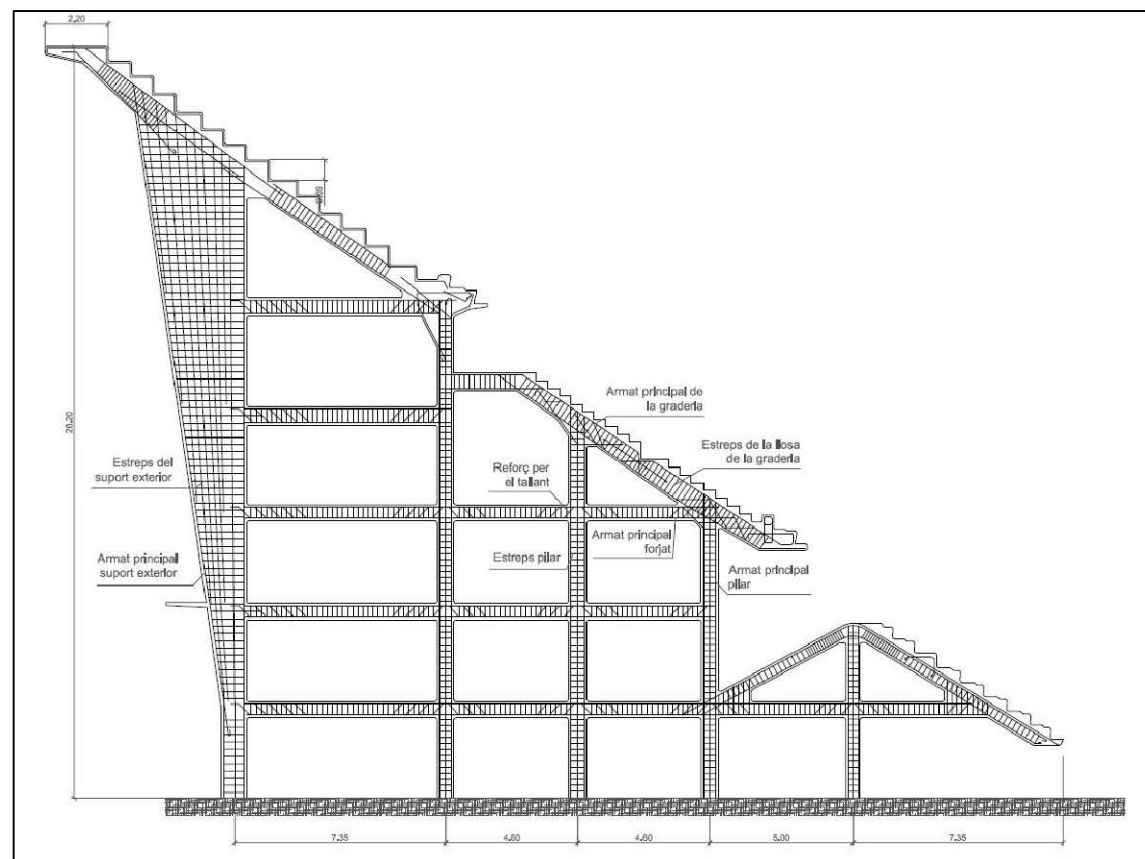
El 1929 va ser professor a l'Escola Superior d'Enginyers de Camins i Ports de Madrid. El 1932 va entrar a "Huarte y Cía". El 1944 es llicencià en filosofia i lletres i al 1961 va ser catedràtic de Ponts en l'Escola Superior d'Enginyers de Canals, Camins i Ports, de Madrid. El 1973 es llicencià en Dret. Se li concedí la medalla de l'Associació Espanyola de Pretesat el 1976, al 1979 se li concedí la medalla de l'Associació Internacional de ponts i Estructures en Zúric. I al 1978 se li concedí la de l'Associació Internacional de Pretesat.

Des de els primers anys de la professió és va decantar cap a l'especialització de estructures resistents i de ponts, podent investigar sobre el tema en laboratoris que ell mateix formà. Moltes obres projectades i construïdes van ser fruit d'aquest treball d'investigació, així com també els llibres publicats sobre resistència de materials, càlcul d'estructures i de ponts. El 1986 el Govern de La Rioja, li va concedir el seu màxim galardó, "La Medalla de Oro de la Comunidad Autónoma".

# Fabrica Fiat



# Estadi Bernabeu



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

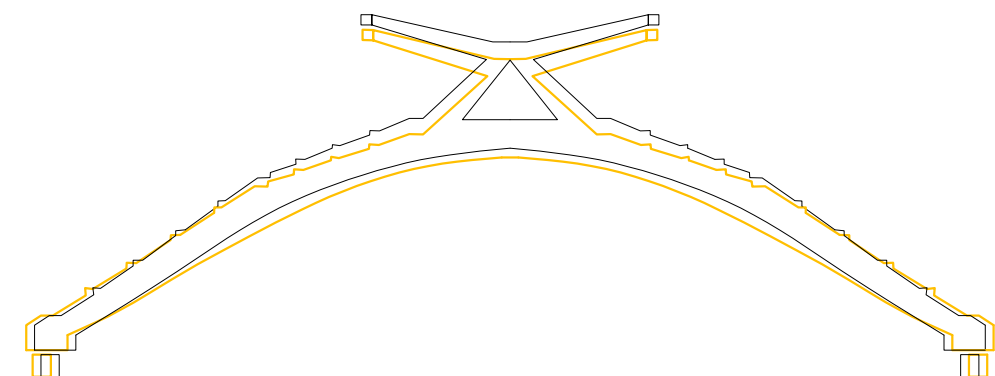
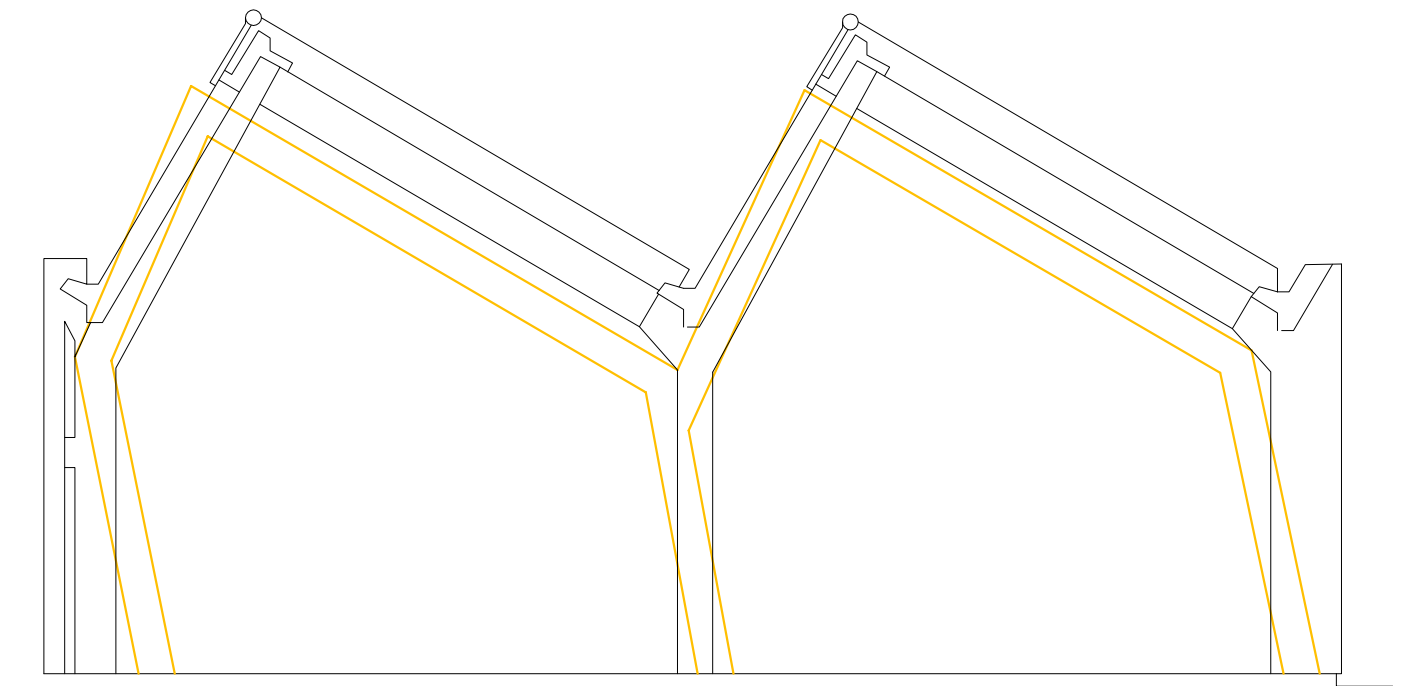
Contingut: Seccions y deformades

Autor: Carlos Fernandez Casado

Obra: Fabrica Fiat i Estadi Bernabeu

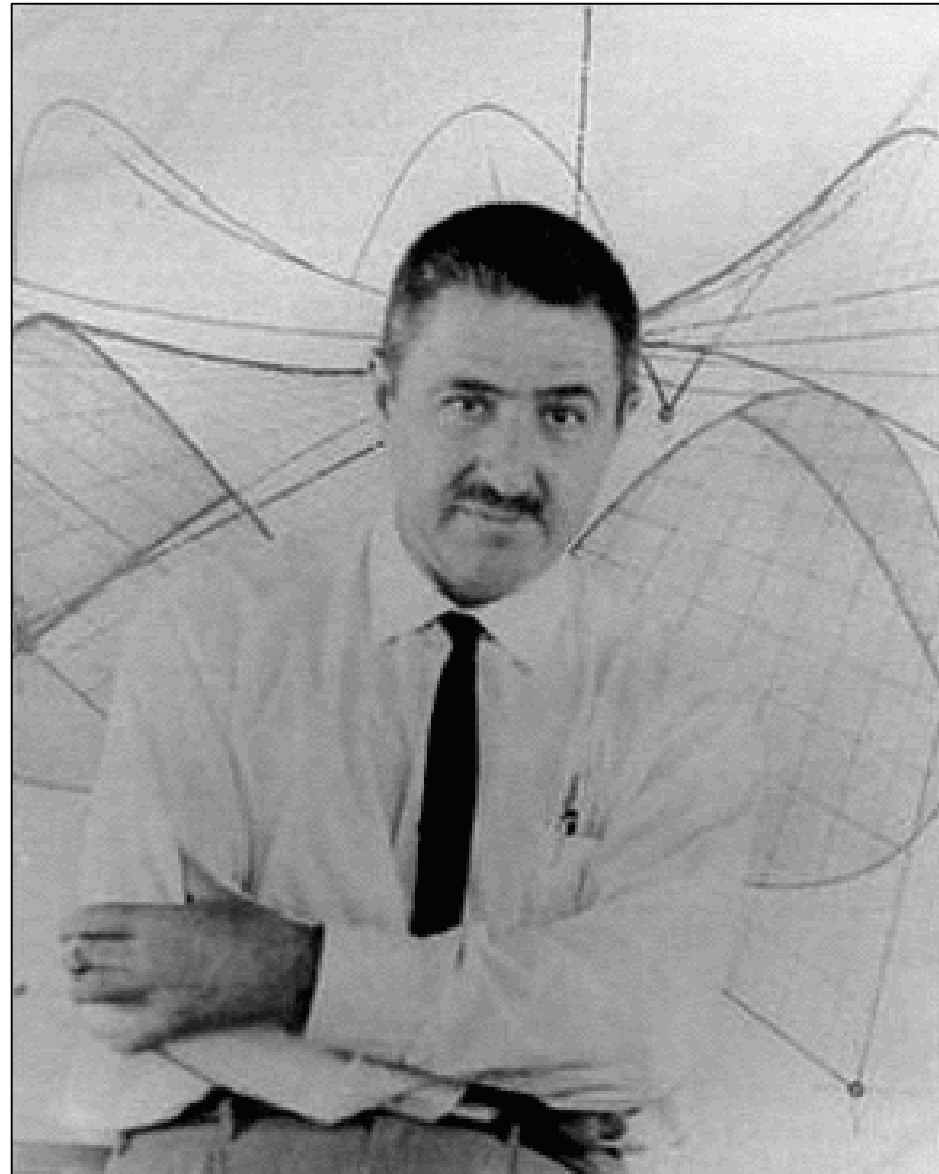
105

A technical line drawing of a roof truss system. The drawing shows a symmetrical structure with two main gables. The roof is supported by a central vertical post and two side posts. The truss members are represented by black lines, and the internal bracing is shown in yellow. The drawing is a cross-section, showing the internal structure of the roof.





# FELIX CANDELA



Felix Candela  
(Madrid 1910 - 1997 Mexico)

Es matricula a l'Escola Superior d'Arquitectura de Madrid. Durant el seu primer any de carrera desenvolupa una gran afició per la geometria i el dibuix. Es converteix en ajudant de Luís Vegas, professor de Resistència de Materials, durant 3r de carrera.

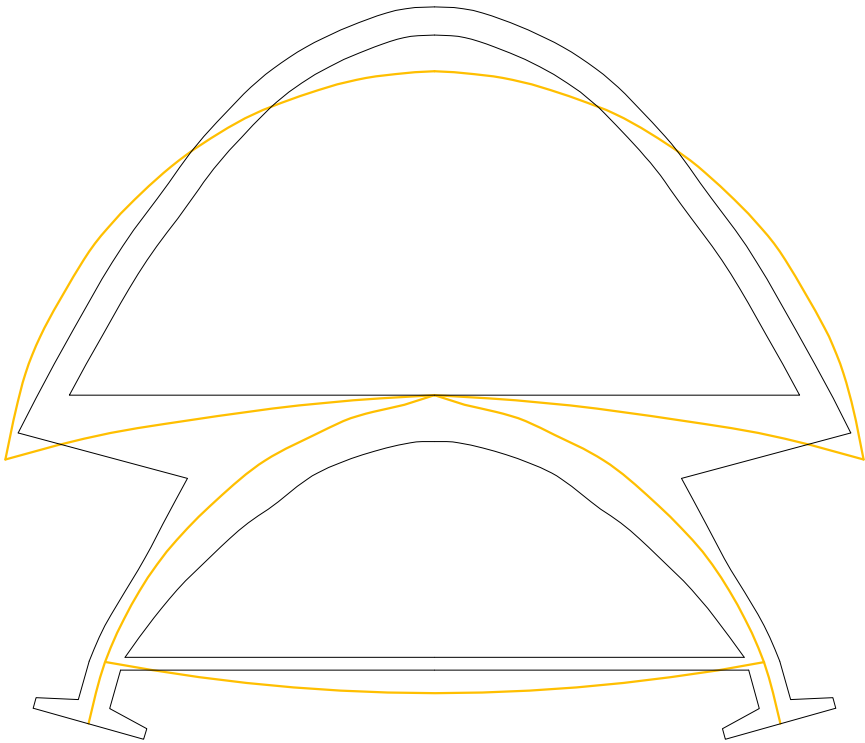
Durant el 1936 es gradua, rep una beca per anar a Alemanya a estudiar, però decideix quedar-se a Espanya. Recolzant la causa republicana, va ser inscrit a la Comandancia de Obras a Albacete, més endavant el fan Capián de Ingenieros. Durant una llarga retirada als Pirineus i a la frontera Francesa, és internat en un camp de concentració a Perpinyà, poc després l'envien a Mèxic.

Arriba a Veracruz el 13 de juny del 1939, on durant el 1941 i 1942, treballa a Acapulco, crea moltes vivendes.

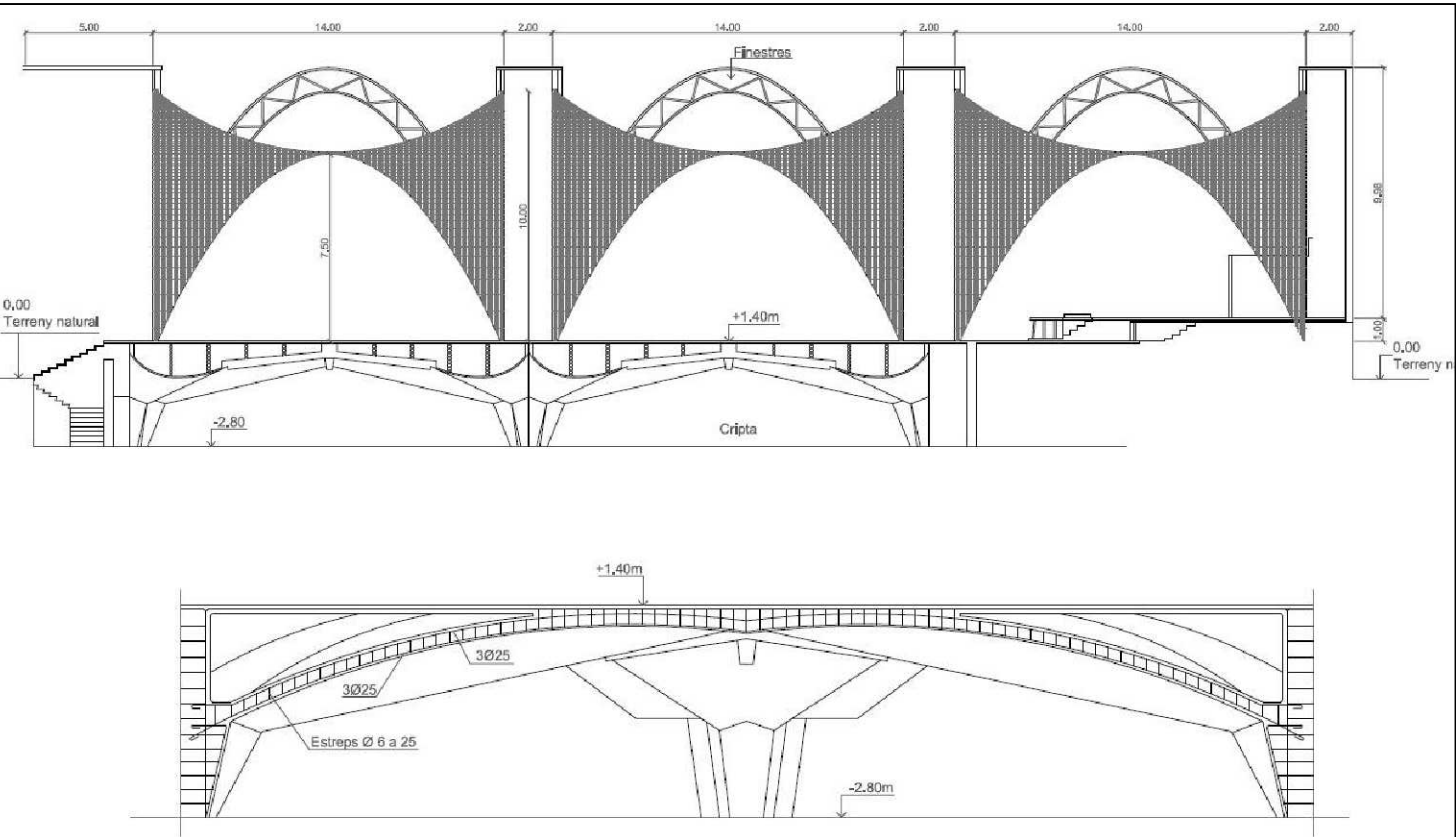
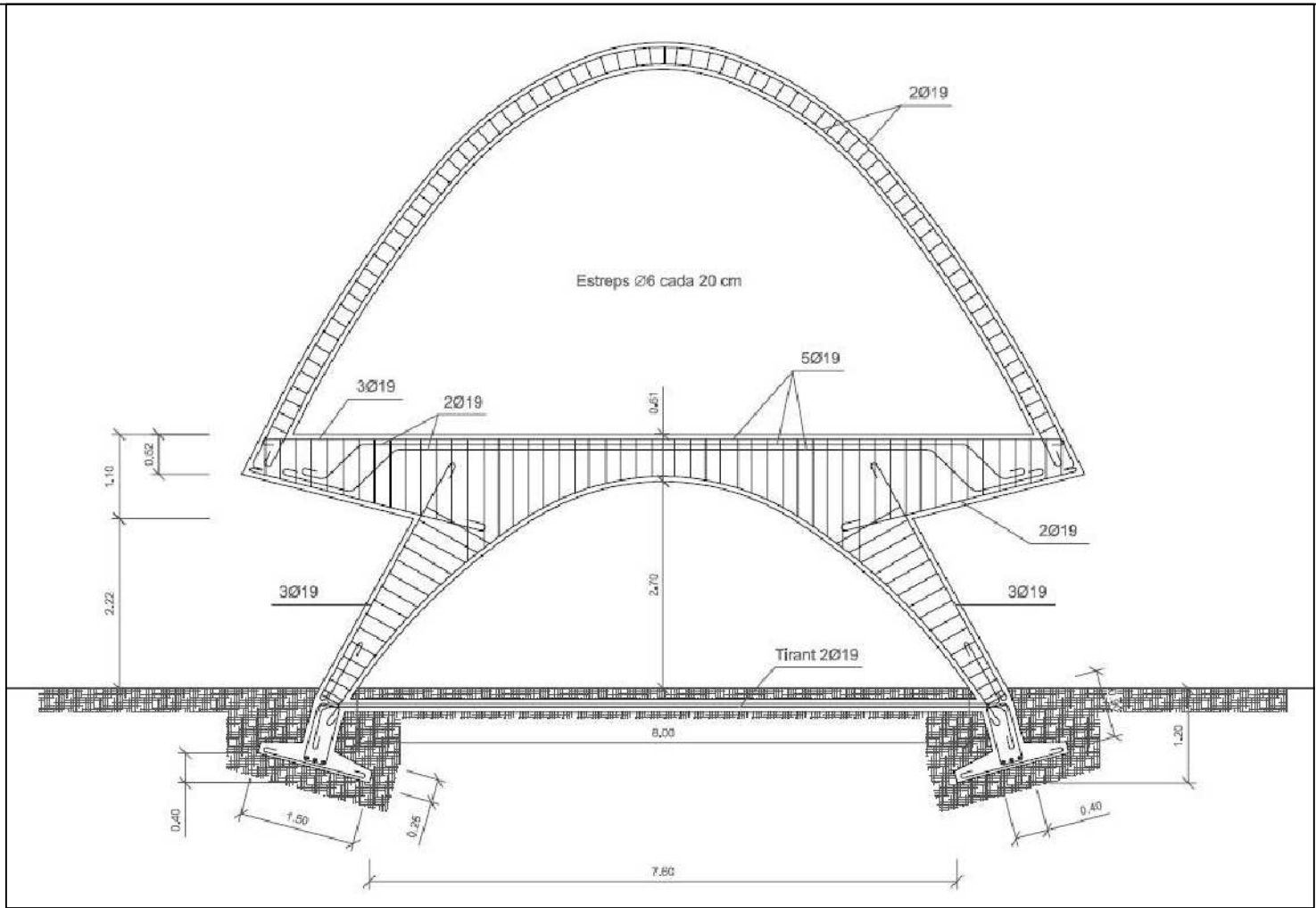
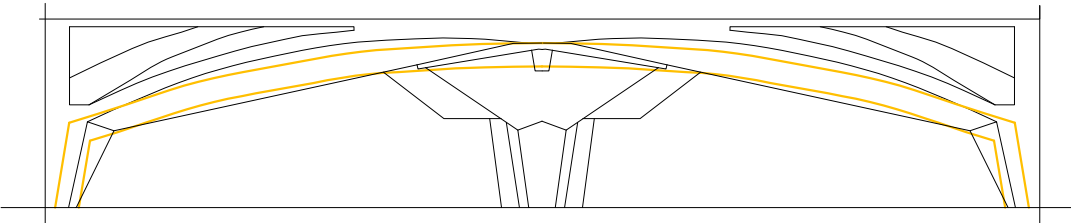
A partir d'un article de George Winter, en el qual es parlava sobre la construcció de lloses plegades, desperta el seu interès per les estructures laminars. La primera manifestació d'aquest nou pensament, es veu amb la construcció del Pavellón de Rayos Cósmicos.

Va arribar a tenir una gran repercussió mundial com el principal dissenyador de "cascarones" en el món. Arrel d'això és convidat a fer varies conferències a nombroses universitats, principalment a Estats Units. Cap al 1955 comença una sèrie d'estructures, juntament amb Enrique de la Mora i Fernando López. La Bolsa de Valores, és una obra culminant, la qual va ser la precursora del aquest idea, com per exemple el Restaurante de Xochimilco, 1958, és l'exemple més pur. La seva obra és de gran varietat, i no li falta reconeixement mundial.

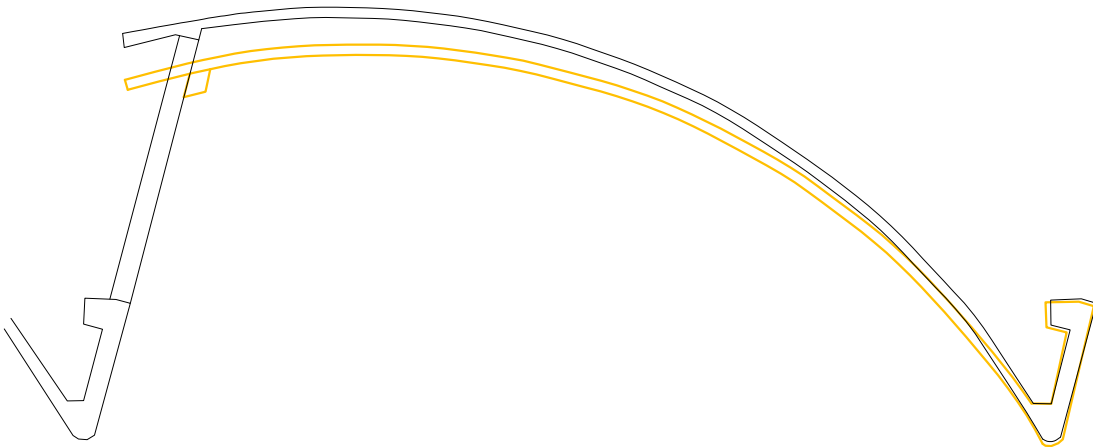
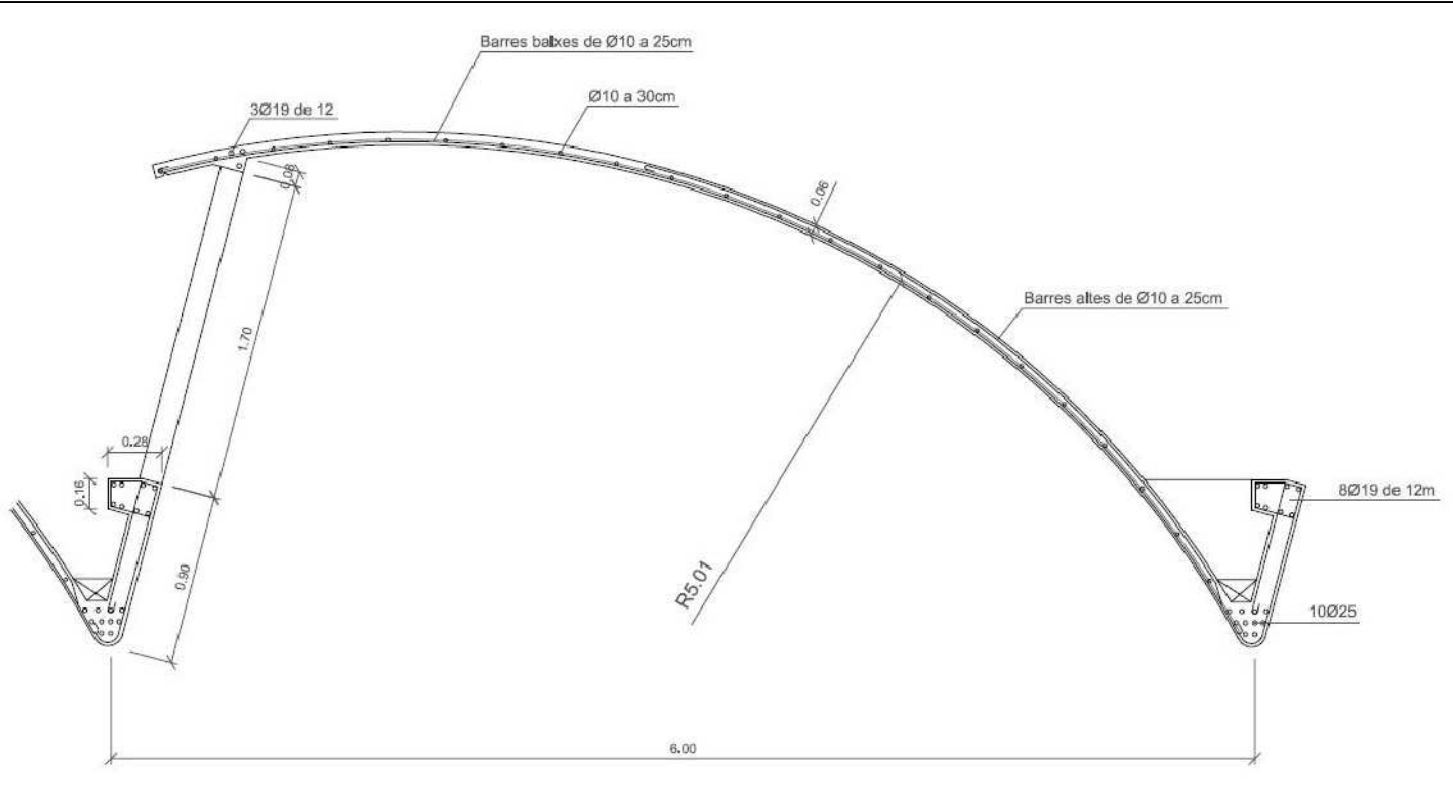
# Pabelló de raigs còsmics



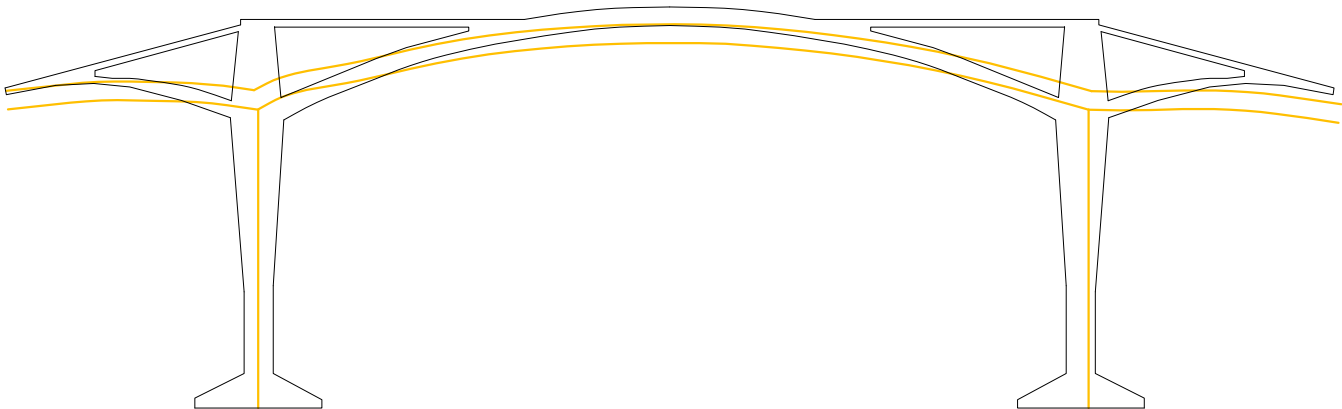
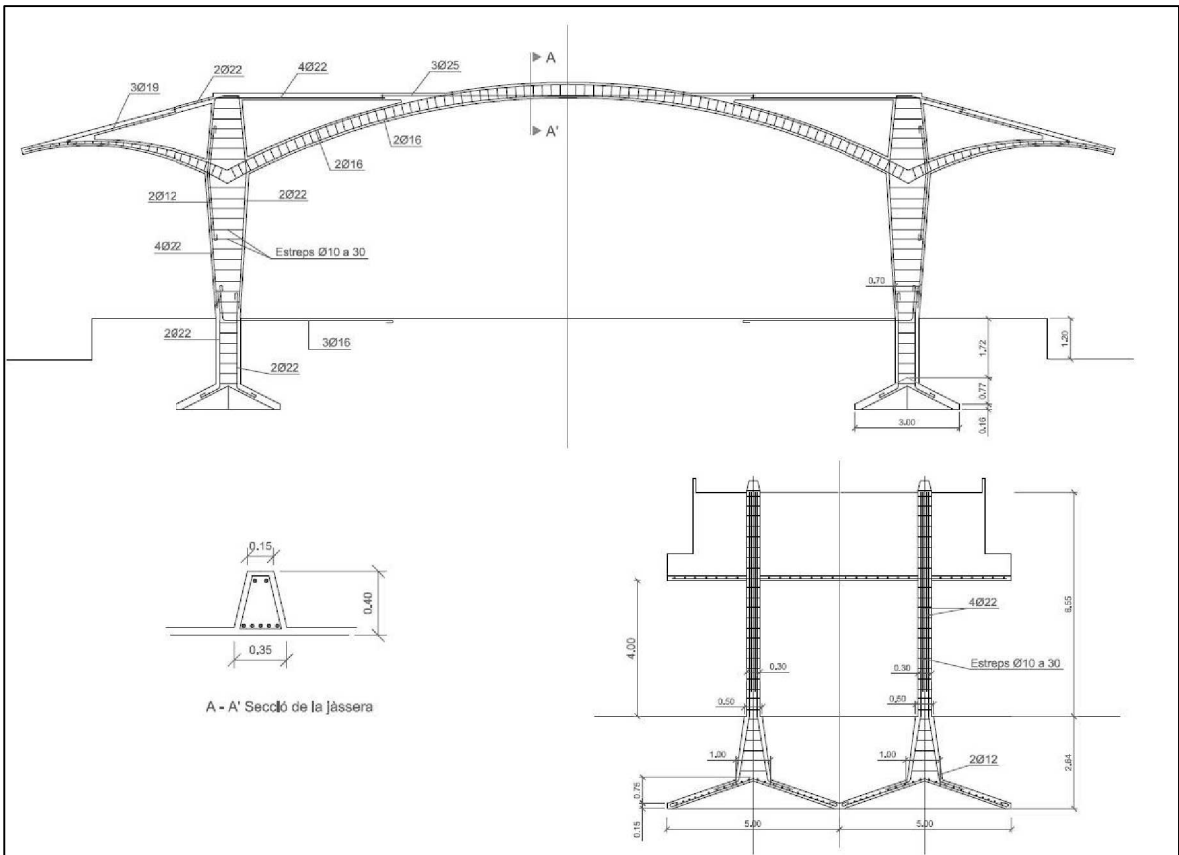
# Esglesia Sant Antoni



# Laboratoris Ciba



# Les aduanes



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d' Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Diaz  
Rubén Sanz Fernandez

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Seccions y deformades

Autor: Felix Candela

Obra: Laboratoris Ciba i les Aduanes

109



# JAVIER SAENZ DE OIZA



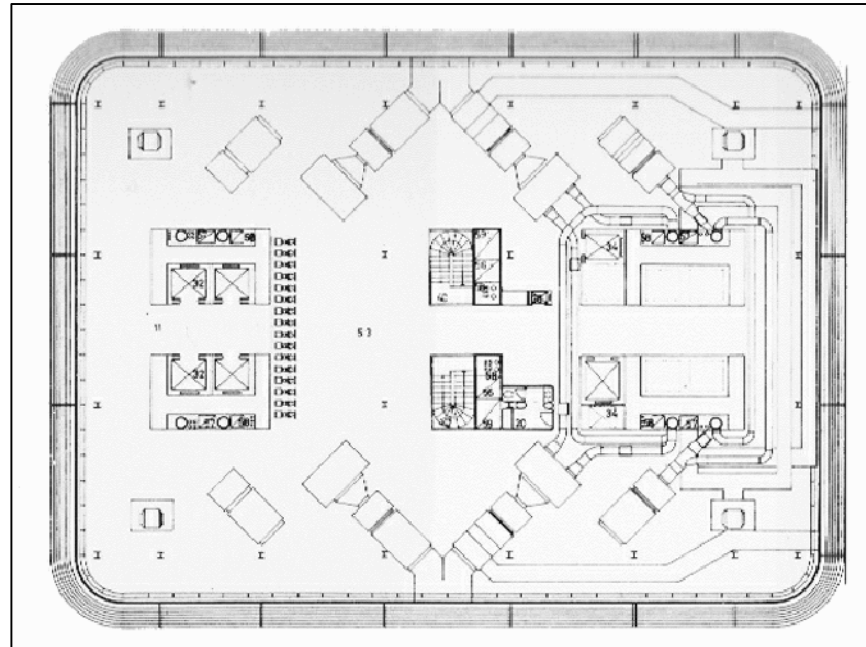
Javier Saenz de Oiza  
(Navarra 1918 - Madrid 2000)

Es va llicencià a l'Escola d'Arquitectura de Madrid el 1946, on va rebre el premi Aníbal Álvarez pel millor expedient acadèmic. També aquell any guanyà el premi nacional d'Arquitectura.

El 1947 viatja als Estats Units gràcies a la Beca Conde de Cartagena, de la Real Acadèmia de Belles Arts de San Fernando. El 1949 torna a Espanya i comença a treballar de professor al Departament d'instal·lacions de l'Escola d'Arquitectura de Madrid donant classes de Salubritat i Higiene.

El 1968 aconsegueix la Càtedra de projectes i de 1981 a 1983 es director de l'Escola. Es va jubilar als 67 però va continuar donant classes. Durant tota la seva vida va compaginar l'activitat docent amb la professional. Va ser col·laborador de Romany en la construcció de vivendes socials i en l'estudi de Manuel Cabeñes, va ser un Mestre d'arquitectes des de la universitat i des de el seu estudi, per on passaren Francisco Alonso, Rafael Moneo i Juan Daniel Fullaondo. Està considerat com un dels cims de l'arquitectura moderna, ja que va ser un creador polèmic i arriscat en el seu moment.

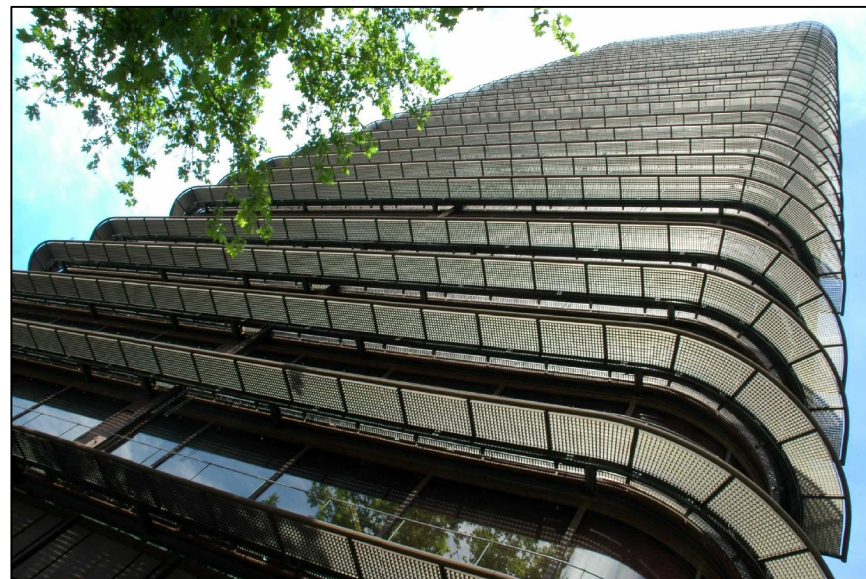
# BANC DE BILBAO, MADRID



El projecte del Banc Bilbao es gesta a l'estudi d'Oiza, comptant amb enginyers i estructuristes. Va guanyar el concurs on es van presentar arquitectes com Coderc, Bonet o Antonio Miró.

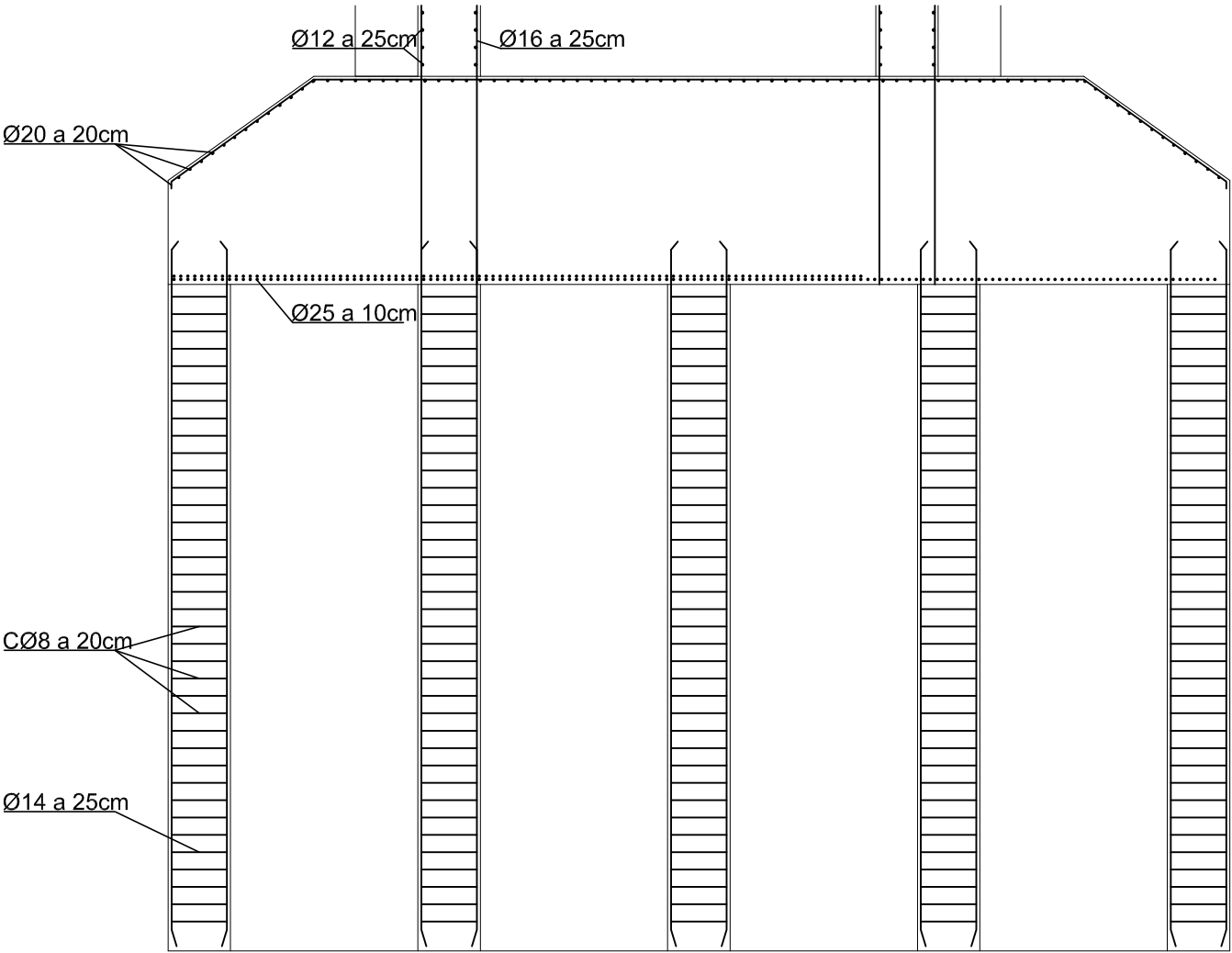
Pel subsòl del solar travessa el tunel del ferrocarril, de manera que l'edifici havia de assentar-se a cada costat del tunel sense tocar-lo. Per aquest motiu es va realitzar un pont de dues piles que salva la linea ferroviaria, evitant així les vibracions que aquest pogués transmetre.

L'estructura es basa en sis pisos, cadascun dels quals soporta un entramat de 5 plantes (30 en total). L'esquelet es de formigó armat postestat i l'entramat de plantes intermitges està format per vigues d'acer. L'edifici està vestit amb una cortina lleugera de vidre i metall.



En la definició del projecte, Oiza va buscar reduir les emissions del edifici, dividint l'altura en tres i disposant plantes tècniques de menor altura, des d'on sortien els conductes de refrigeració/calefacció. Es va optar per la transmissió del fred/calor mitjançant liquid (sistema fancoil, avui dia mes comú) en lloc d'aire, reduint així la perdua d'energia pel cami i de espai degut a la necessitat de menor secció dels conductes.

Segons el llibre "La arquitectura española del siglo XX": L'edifici del Banc Bilbao "no es una torre monstre monotonament aumentada com una gàbia, sino que Oiza entèn la seva obra com una consecucència sincera de l'estructura i de la complexa organització tècnica de l'edifici. Degut a això hi ha plantes baixes, mitjanes y altes."

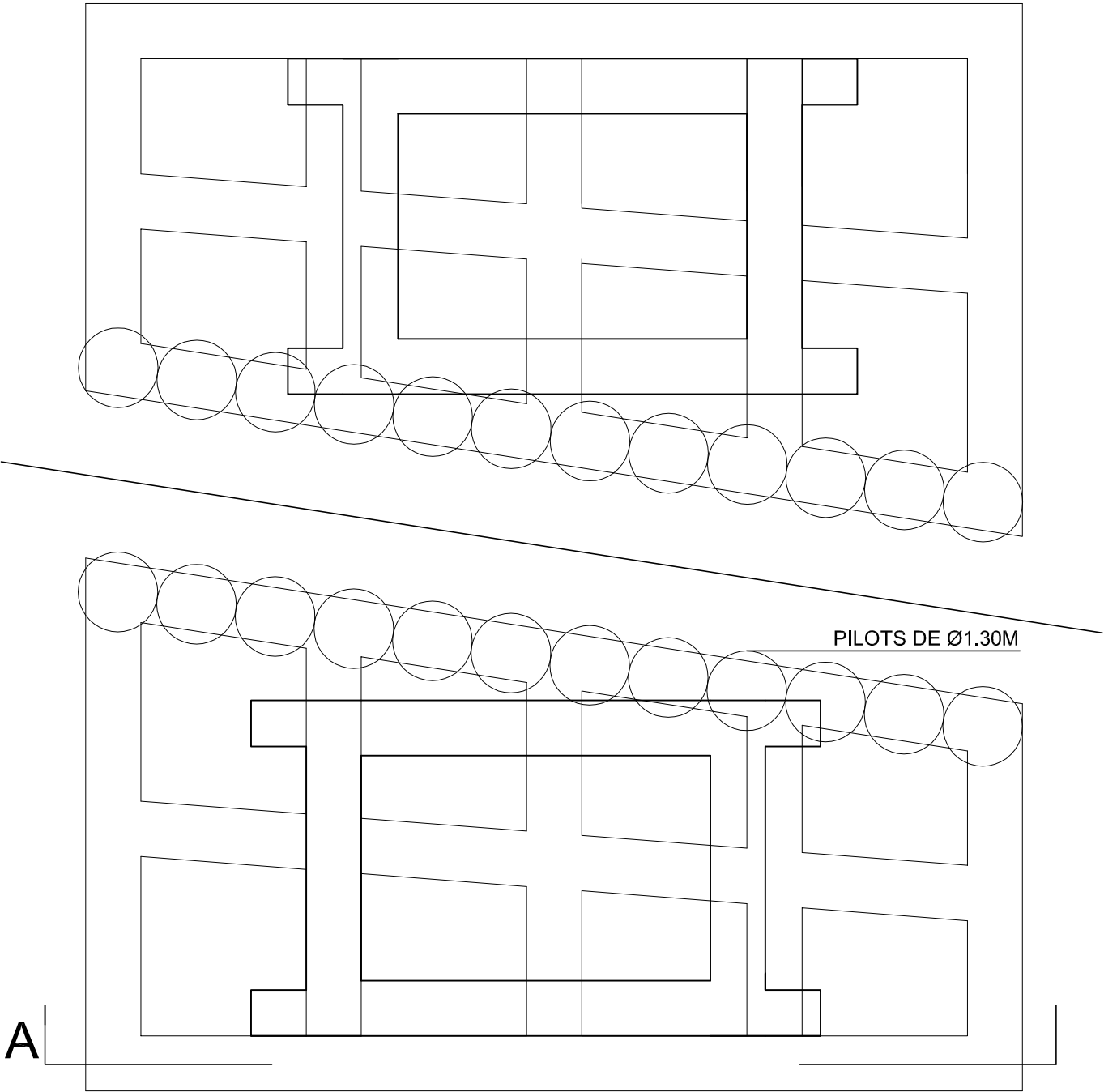


ALÇAT CIMENTACIÓ

E 1.100

### CIMENTACIÓ DE SABATES-MUR PANTALLA I PILOTS

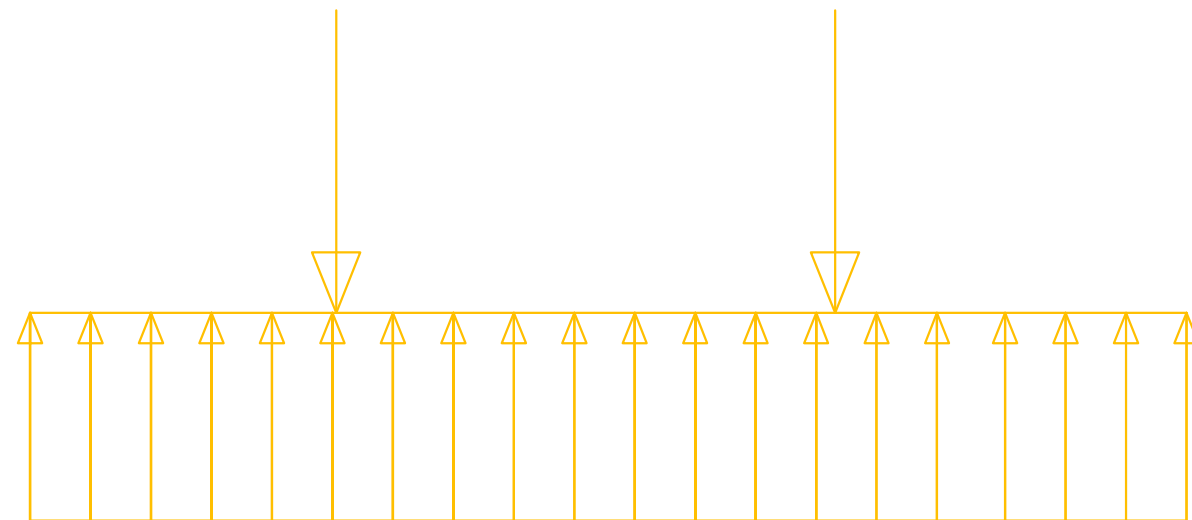
La cimentació d'aquest edifici es singular. Es basa en dos nuclis. Aquests disposen de una sabata de gran cantell suportada amb murs pantalla sobre una línia de pilots que fan la cimentació profunda.



PLANTA CIMENTACIÓ Y NUCLI DEL EDIFICI

E 1.100



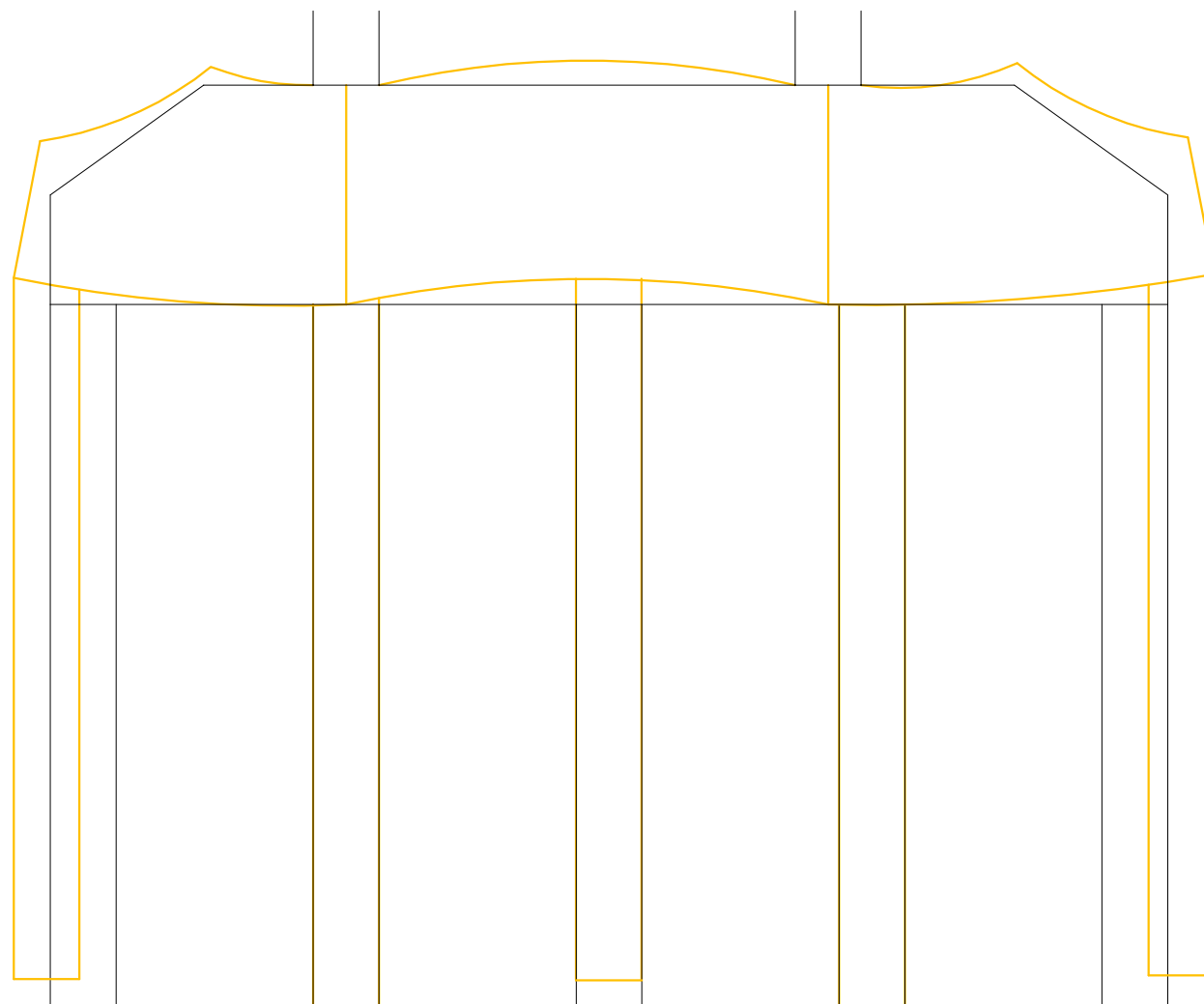


#### CARREGUES DE L'EDIFICI

Per calcular l'armat que necessita la cimentació en la zona superior es té en compte les carregues que sotmet l'edifici, per repartir y evitar punçonnement.

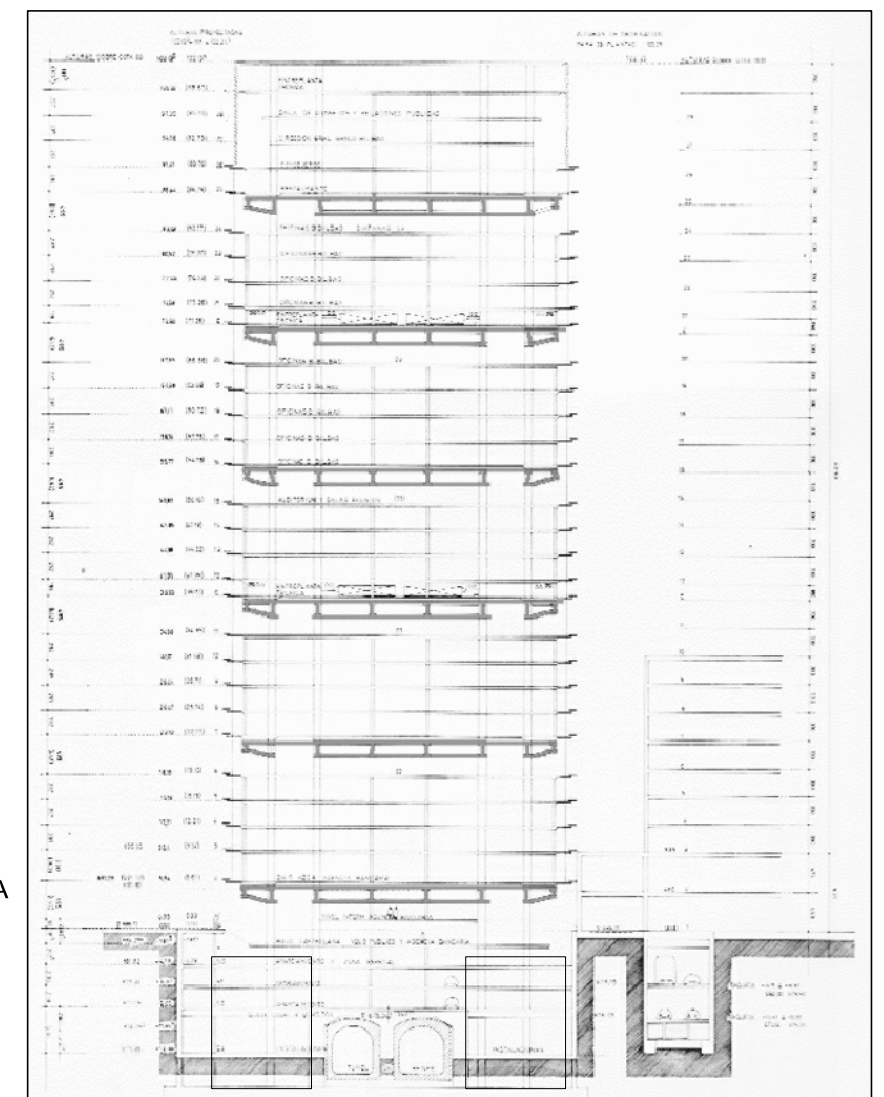
#### REACCIÓ DE LA CIMENTACIÓ PROFUNDA

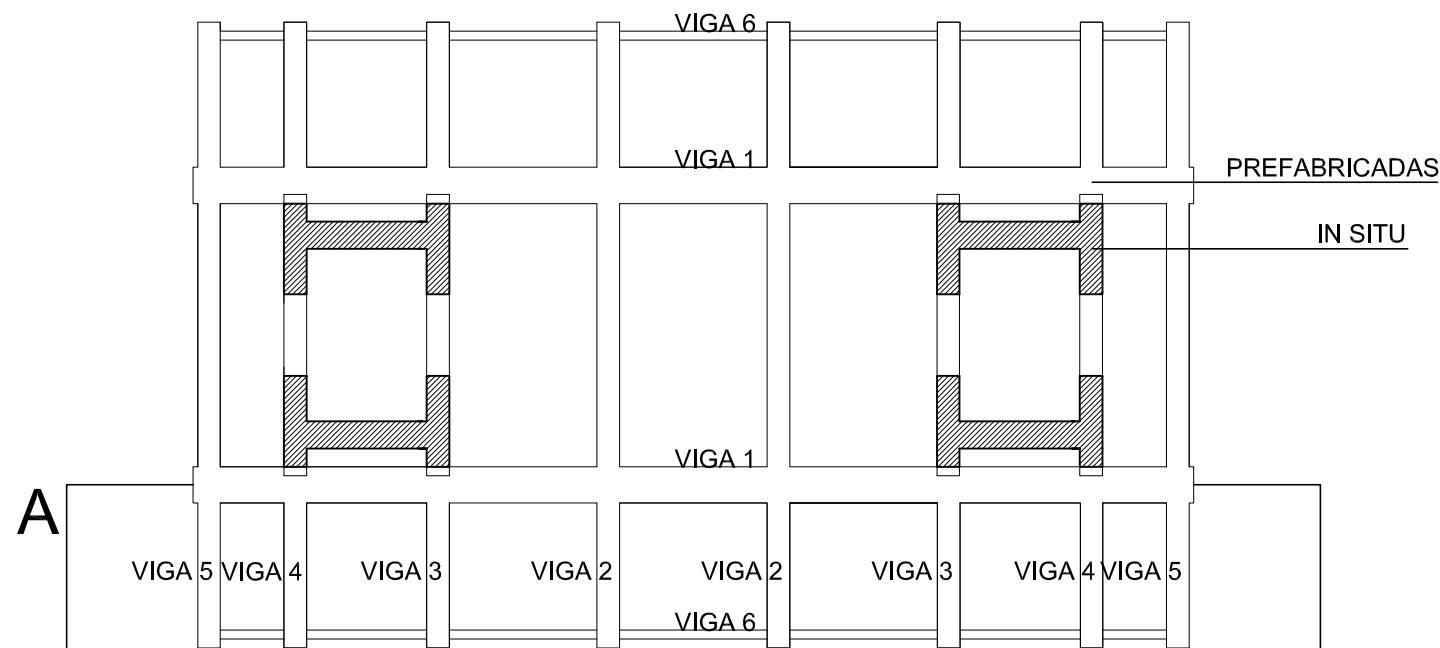
El càlcul de la cimentació es realitza a partir del esforç de empenta que sotmet el terreny cap a dalt y no a partir de la carrega que imposa l'edifici.



#### SECCIÓ DE L'ESTRUCTURA Y ELS FONAMENTS

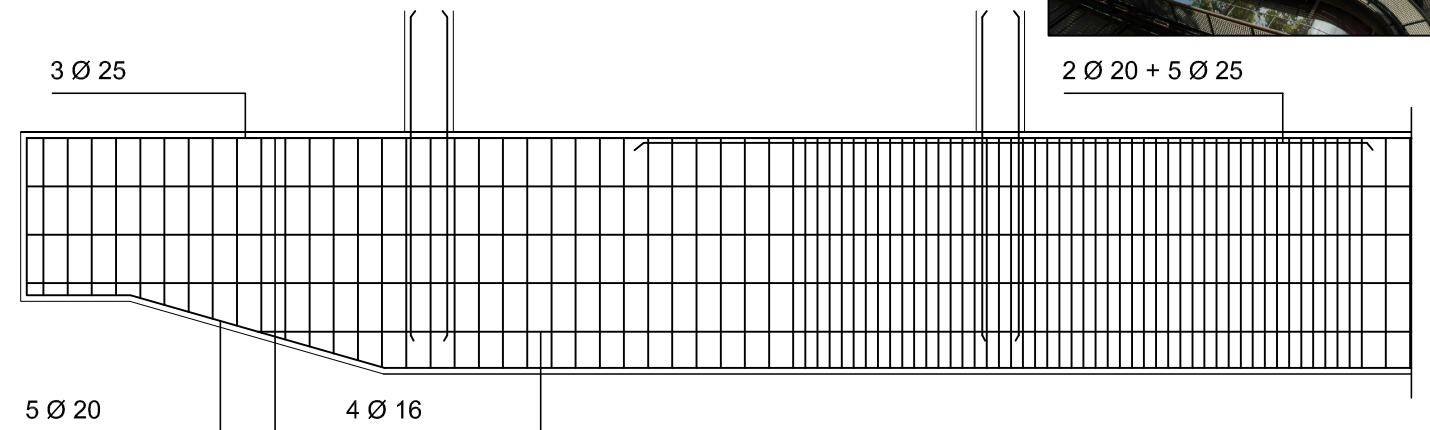
Els nuclis de cimentació estan separats per una via de tren, aïllats de manera que s'eviti la transmissió de vibracions.





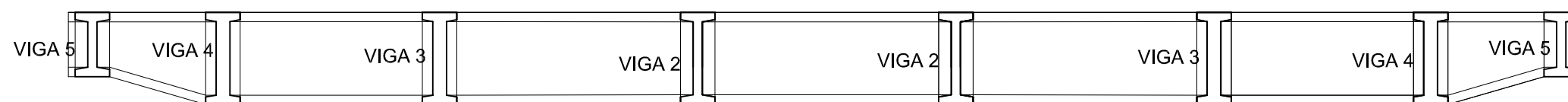
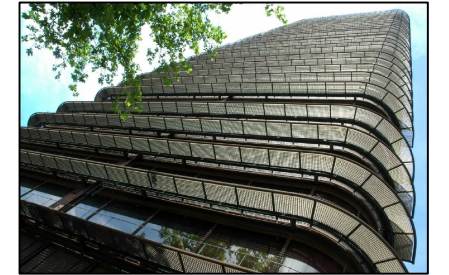
PLANTA. PLATAFORMA DE FORMIGÓ ARMAT PRETESAT

E 1.100



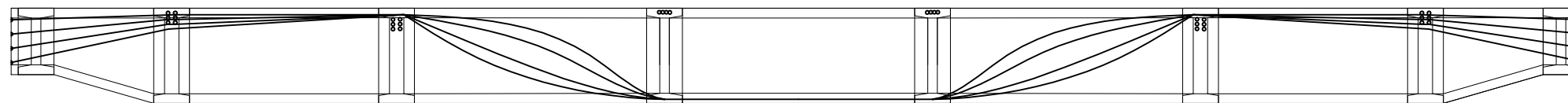
DETALL D'ARMAT. VIGA 1

E 1.100



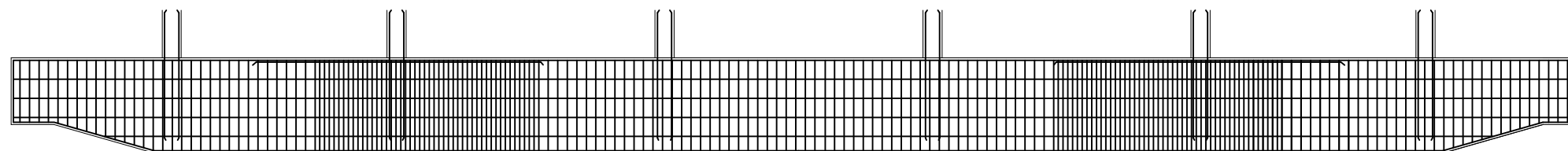
ALÇAT VIGA 1

Les vigues disposades perpendicularment no son pretesades.



ALÇAT PRETESAT LONGITUDINAL VIGA 1

Els cables del pretensat es col·loquen abans de formigonar. Pasades 48 hores del formigonat es tensionen els cables al 50%. Quan el formigó adquireix una resistència adequada es tensionen fins el 100%. Després de fer això s'injecta formigó dintre de les baines per on recorren els cables per solidaritzar el conjunt.



ALÇAT ARMAT. VIGA 1

La armadura es d'acer amb límit elàstic de 4600kg/cm<sup>2</sup> i formigó de 400kg/cm<sup>2</sup>

E 1.100



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Diaz  
Rubén Sanz Fernandez

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Detalls de vigues postesades y forjat en planta

Autor: Javier Saenz de Oiza

Obra: Banco Bilbao (Madrid)

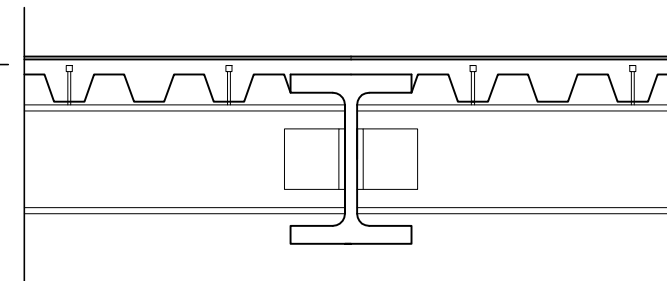
114



# DETALLE FORJADO COLABORANTE SOBRE ACERO

Forjat mixte de  
chapa grecada  
formigonada amb  
conectors tipus  
"Stud" y malla.

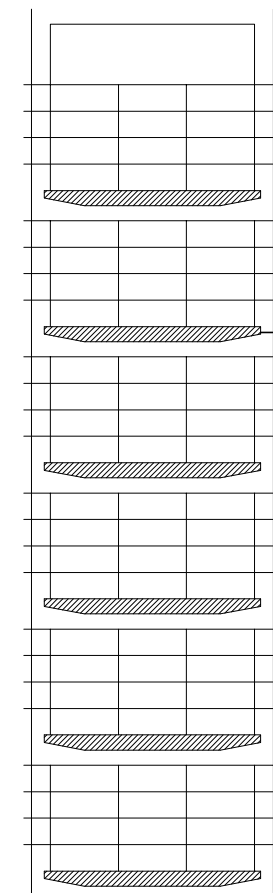
E 1.100



# ALZADO GENERAL DE ESTRUCTURA MIXTA DE HORMIGÓN ARMADO Y METÁLICA

Solució de pasarel·les  
d'acer tipus A37b. On les  
plataformes descansen  
sobre la plataforma  
inmediatament inferior y la  
inferior sobre la plataforma  
de formigó armat amb  
separadors antivibratoris.

E 1.100



FORJADO DE ACERO  
FORJADO DE HORMIGÓN

ESQUEMA  
ESTRUCTURA



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL  
DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

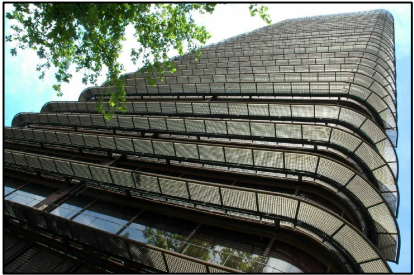
Contingut: Seccions verticals y detall de forjat

Autor: Javier Saenz de Oiza

Obra: Banco de Bilbao (Madrid)

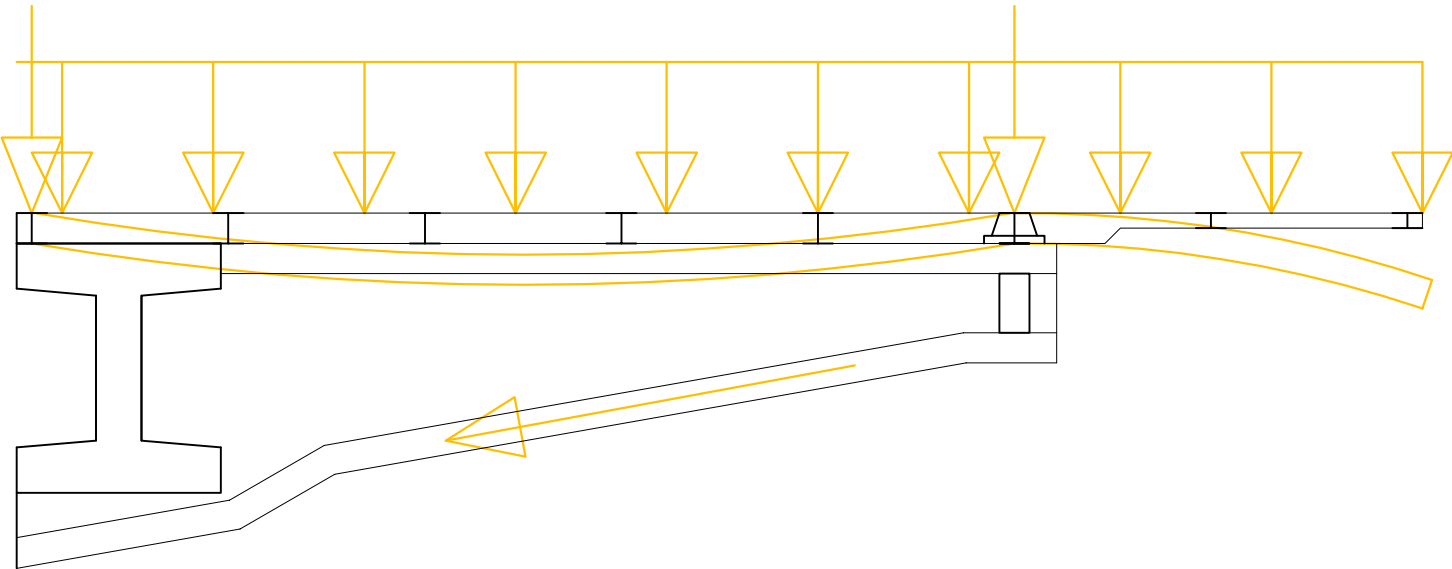
115





CARREGUES SOBRE FORJAT

Sobre cada forjat d'acer s'apliquen les carregues de pes propi y sobrecarga de us de manera repartida. Pero aquestes li arriben al forjat de formigó postesat de manera puntual a través de conectors.

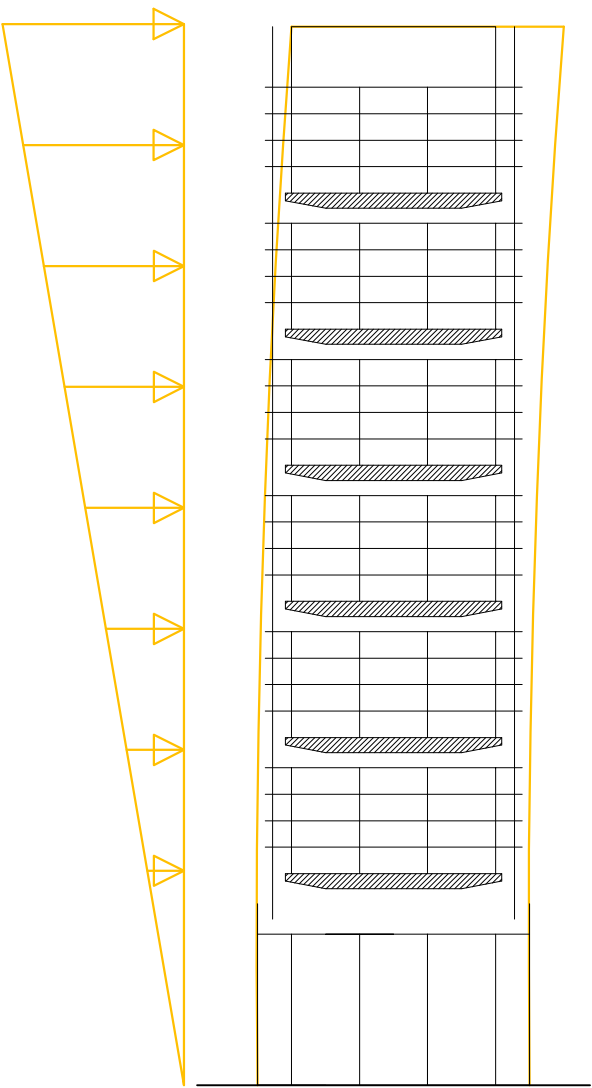
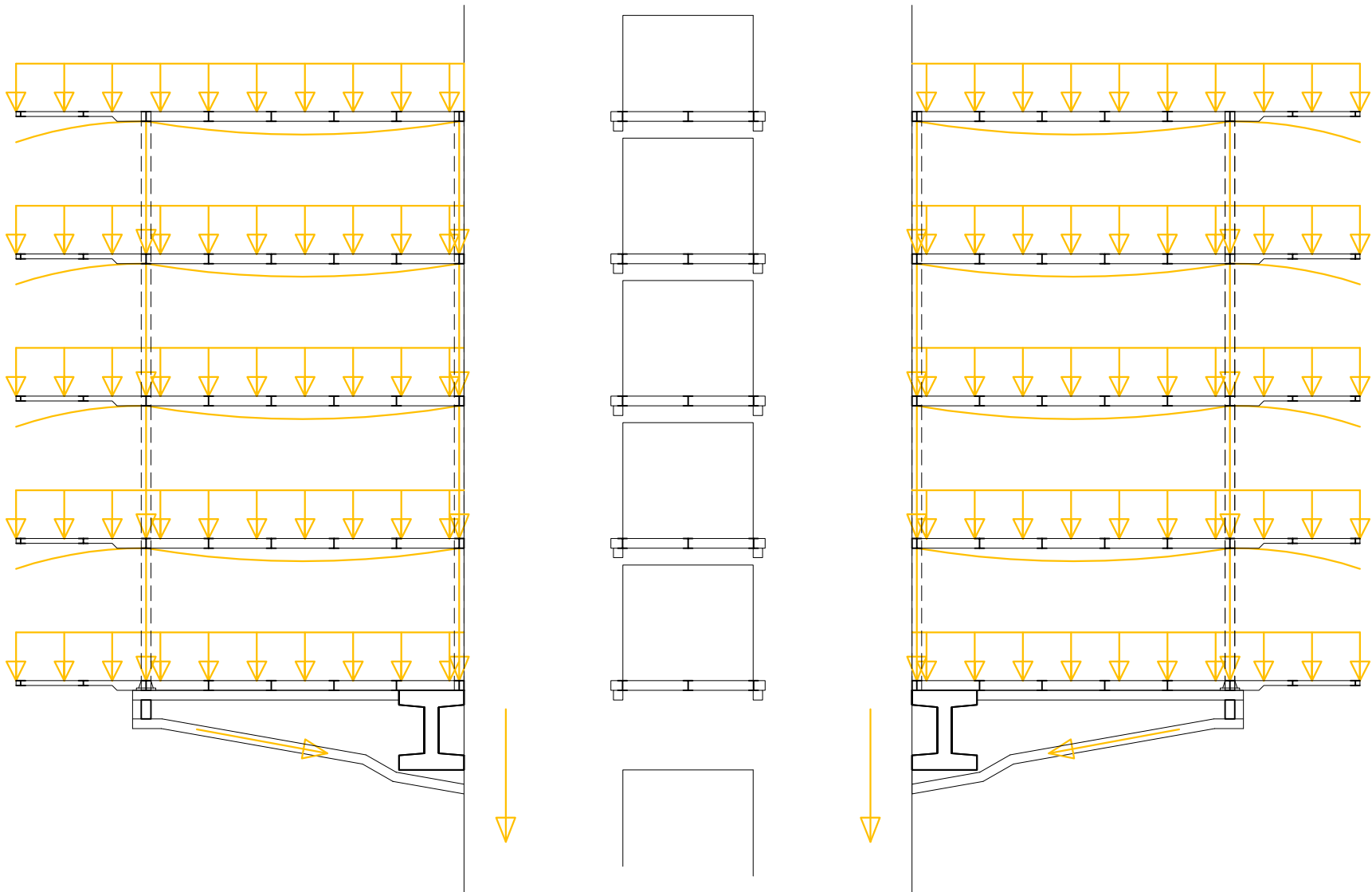


REACCIÓ AL VENT

En un edifici d'aquesta alçada l'empenta del vent es una carga de grans dimensions. Es pot calcular com una carga puntual a l'extrem superior. Similar al càlcul de un voladiu.

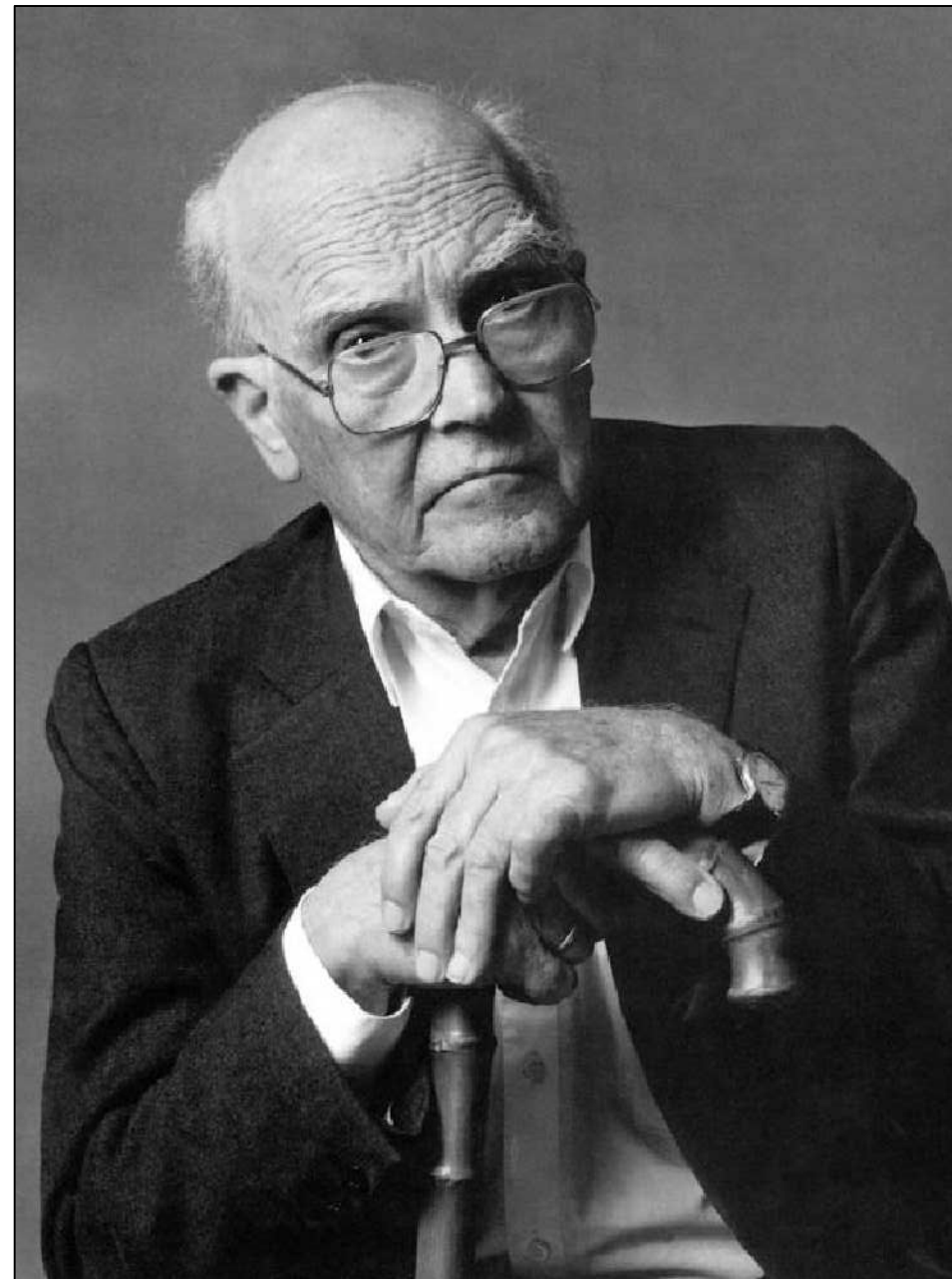
Accions Verticals

Vent



3. Autors i Obres  
3.4. Ceràmica armada

# ELADIO DIESTE



Eladio Dieste  
(Artigas 1917 - 2000 Montevideo)

Eladio Dieste neix a Artigas (Uruguay) l'any 1917. Ingressa a la facultat d'enginyeria de la universitat de la república l'any 1947. Va ser enginyer reconegut mundialment per la producció d'un nou concepte anomenat “Fàbrica armada”.

L'obra de Dieste es basa en l'ús del maó ceràmic i el porta a la màxima capacitat en la creació de superfícies corbes a partir d'una nova tecnologia: construccions de voltes realitzades amb maó ceràmic, armadura d'acer i un mínim de formigó.

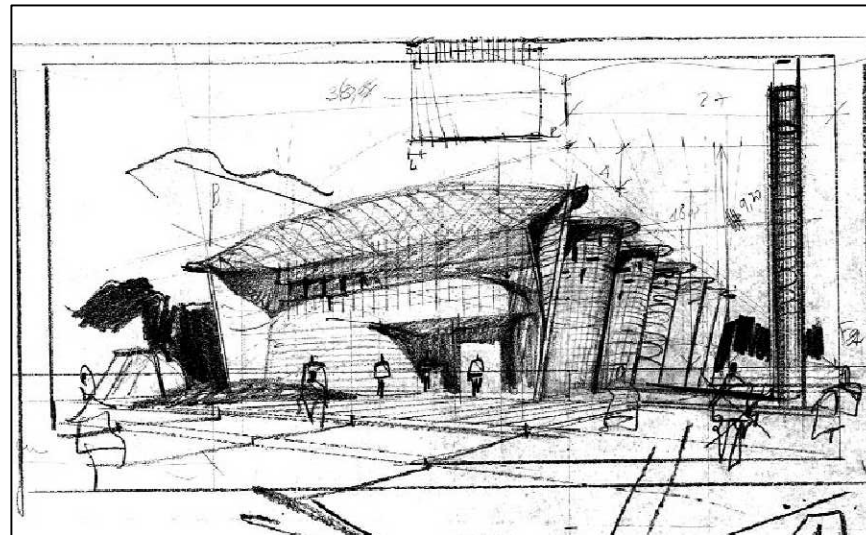
Aquest sistema constructiu aconsegueix dissenyar làmines fines a partir de la combinació de maó, ferro i morter, els quals es construeixen sobre un encofrat mòbil. La base d'aquestes superfícies és el disseny, ja que permet aguantar les sol·licitacions que exerceixen sobre l'estructura gràcies a la seva forma, i no a la seva massa, raó per la qual la quantitat de material necessari és menor. Els tipus d'obres que va projectar amb aquest sistema van ser esglésies, indústria de gran superfície, mercats y parasols.

Va ser nomenat membre responsable de l'acadèmia de Ciències de la República Argentina i l'acadèmia de Belles Arts d'Argentina. Va ser professor Ad Honorem de les facultats d'arquitectura de Montevideo i Buenos Aires. També va ser Doctor “Honoris Causa” de la universitat de la República en Uruguai.

La seva funció docent va tenir lloc a la facultat d'arquitectura i urbanisme de la Universitat de Buenos aires, va donar cursos de construccions de estructures de ceràmica armada, conferències per diverses universitats sud-americanes y professor de ponts y grans estructures de mecànica teòrica a la facultat d'enginyeria de Montevideo.



# ESGLÉSIA ATLANTIDA



L'esglesia de Crist Obrer, construïda a un poblat obrer va ser concebuda com un edifici econòmic i operatiu. La seva forma recorda a un cobert per depositar mercaderies.

Te una nau central de trenta metres de llarg per setze de ample, coberta per dinou metres de llum. La ondulació de la coberta es transmet a les parets construïdes amb una sèrie de conoides de set metres d'alt de directriu recta en la base i ondulada en la zona superior. Les parets i la coberta de superfícies són primes i plegades. Abans d'aquest cas, mai s'havia pogut aconseguir amb materials tradicionals.



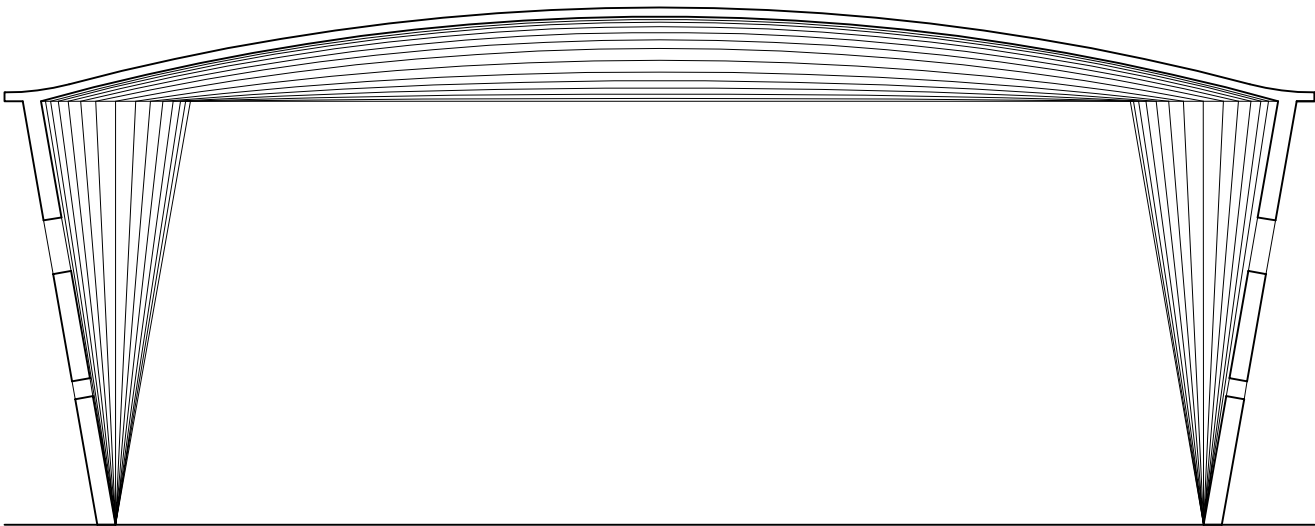
Els tirants no són vistos sinó que queden embeguts en la pròpia ondulació de la coberta.

Les empenyes de la coberta sobre la cornisa són contrarestades pels tirants que recorren pel canal de les ondulacions de les voltes.

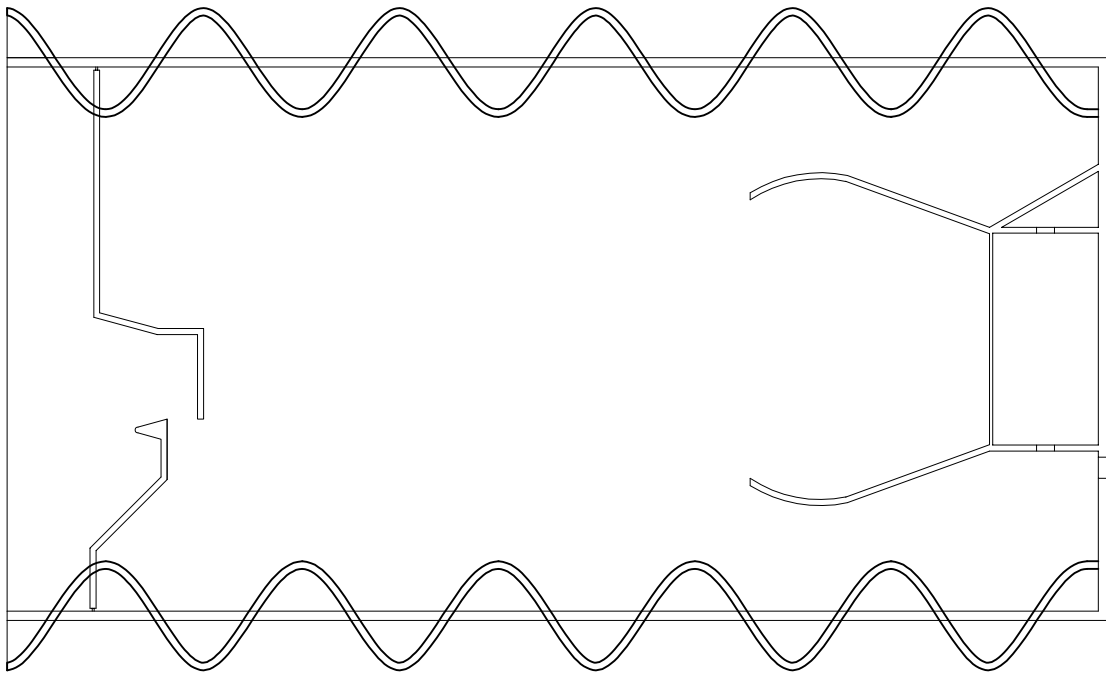
Tot això es fa possible al disposar-se el maó en retícula sobre els encofrats correguts ondulats i lliscant, interposant un armat mínim de filferros en les dues direccions de la ondulació de la coberta, que queden embeguts en el morter que omple les llagues de la retícula.

SECCIÓNS

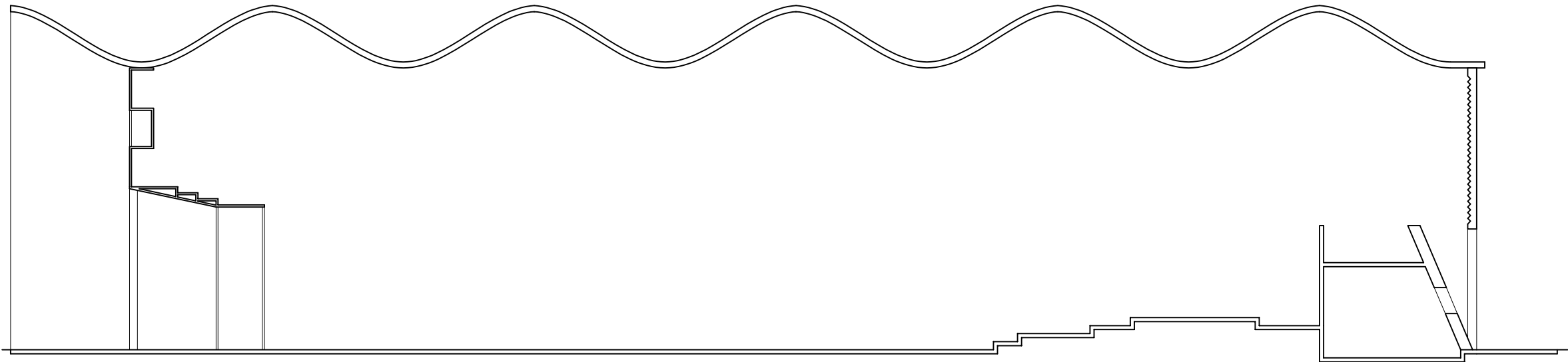
En la secció s'observa la sinuositat de la façana, el que li permet aconseguir una inercia per geometria que per l'espesor del mur mai es podria aconseguir. També observem com la coberta fa unes oscilacions on la volta es repeteix aconseguint així també major inercia.



ALÇAT. ESCALA 1.100

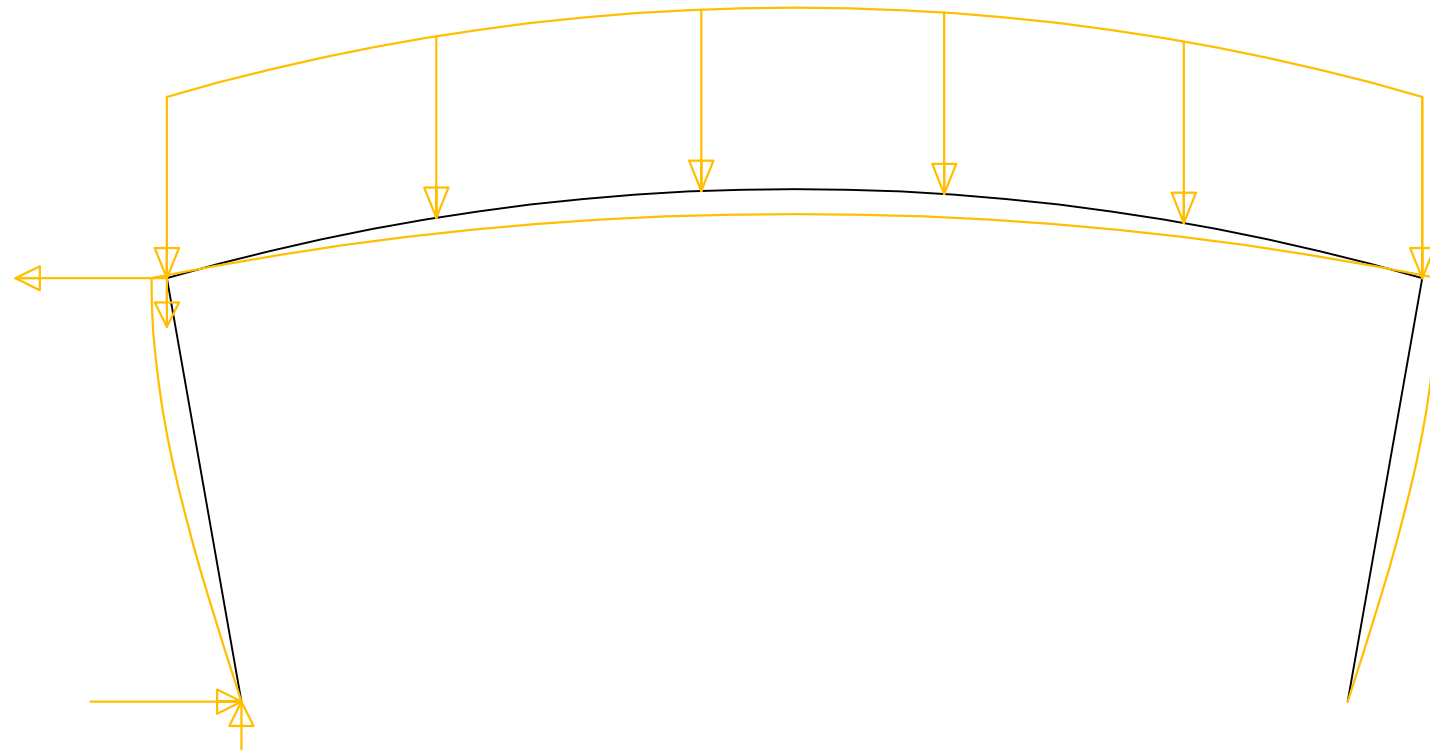


ESTRUCTURA A NIVELL SUPERIOR. ESCALA 1.100



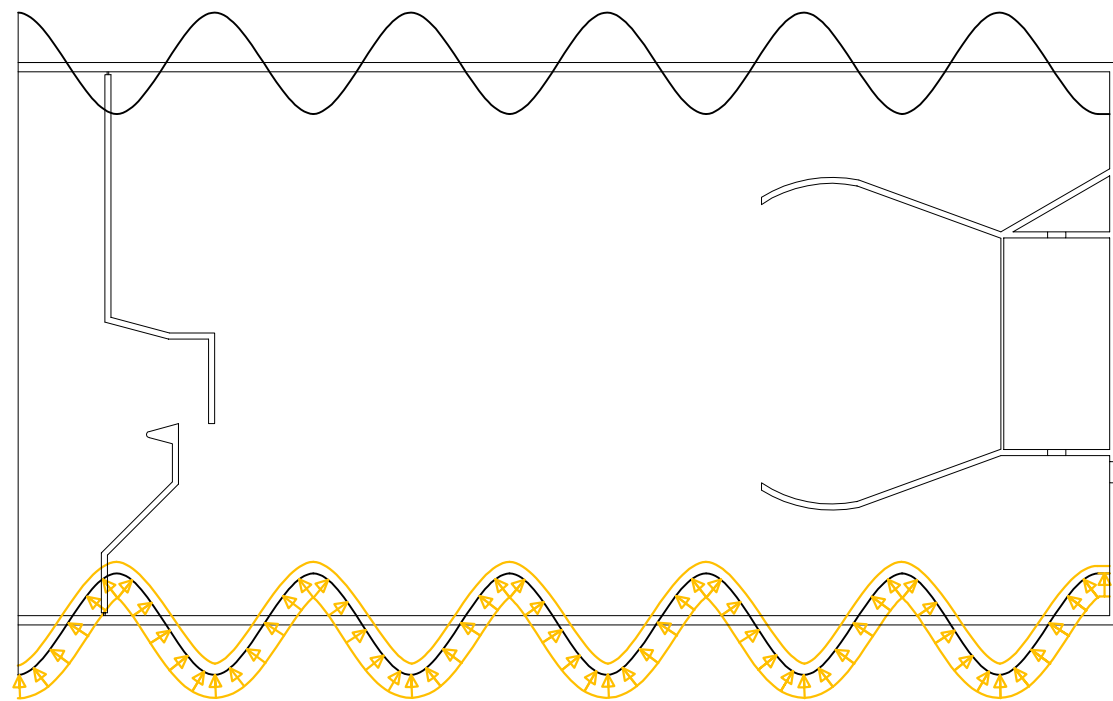
SECCIÓ. ESCALA 1.100

E 1.100

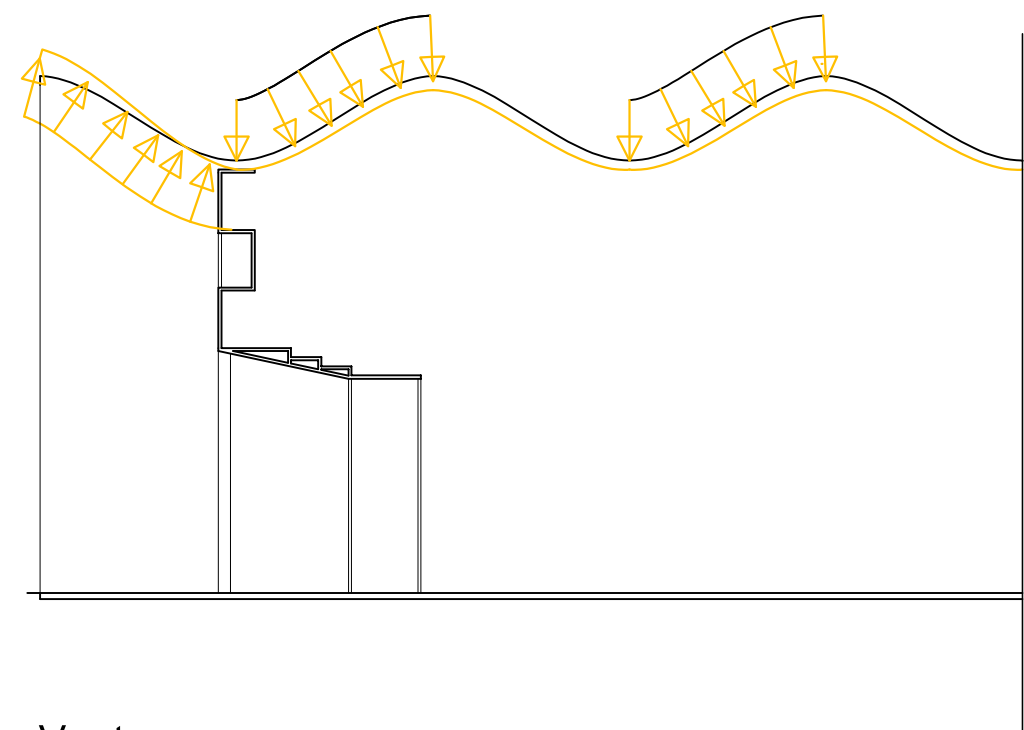


## ACCIONS VERTICALS Y REACCIONS DEL VENT

L'armat de la cobera es calcula tenint en compte un armat base per sostenir el pes propi y un armat pretensat per sostenir les sobrecarregues de us o de accions del vent. D'aquesta manera es pot reduir notablement l'espessor d'aquesta y cobrir una gran llum.



Vent



Vent



# BARBIERI E LEGGIRE

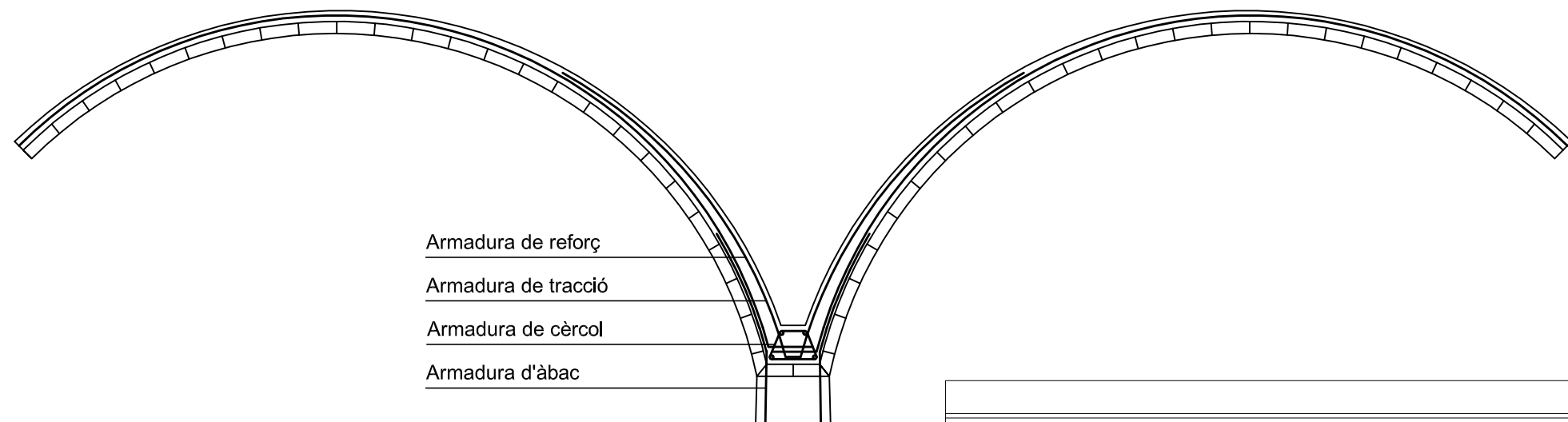


This brick canopy carried on a single support is one of the best-known and most remarkable of Dieste's structures. While based on Dieste's self-carrying vaults, it is not properly a vault: it is effectively two counterbalanced wings.

Thanks to a heavier section, reinforcing in the valley, and pre-stressing in the long dimension, the entire construction acts as a cantilever beam. This elegant work moves away from structural rationalism. At the same time, however, the canopy with centralized support provided the most effective form of protection at the gas pumps of a service station it originally served.



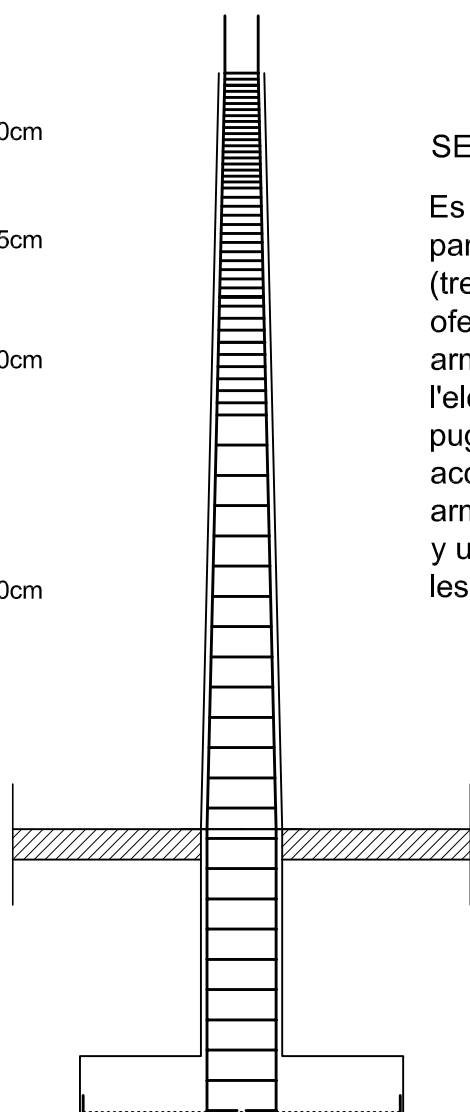
So distinctive and beloved was this work that when threatened with destruction in 1996, the mayor of Salto stepped in to save it. Transported to the south entrance of Salto (Puerta de la Sabiduría), the “Sea Gull” (as it was nicknamed) now serves as a greeting to the city and as a memorial to Eladio Dieste. The mayor’s action was especially appropriate as Salto gave Dieste more commissions than any other city, with the exception of Montevideo, and Dieste responded with some of his best works.



E 1.100

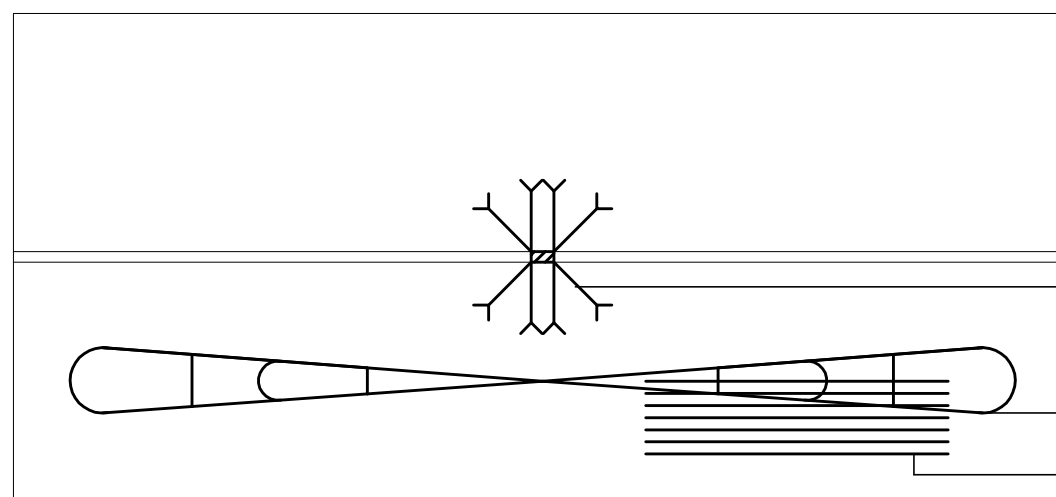
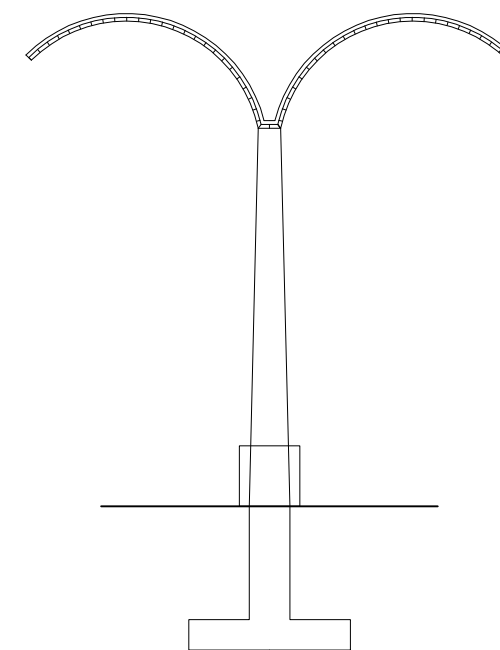
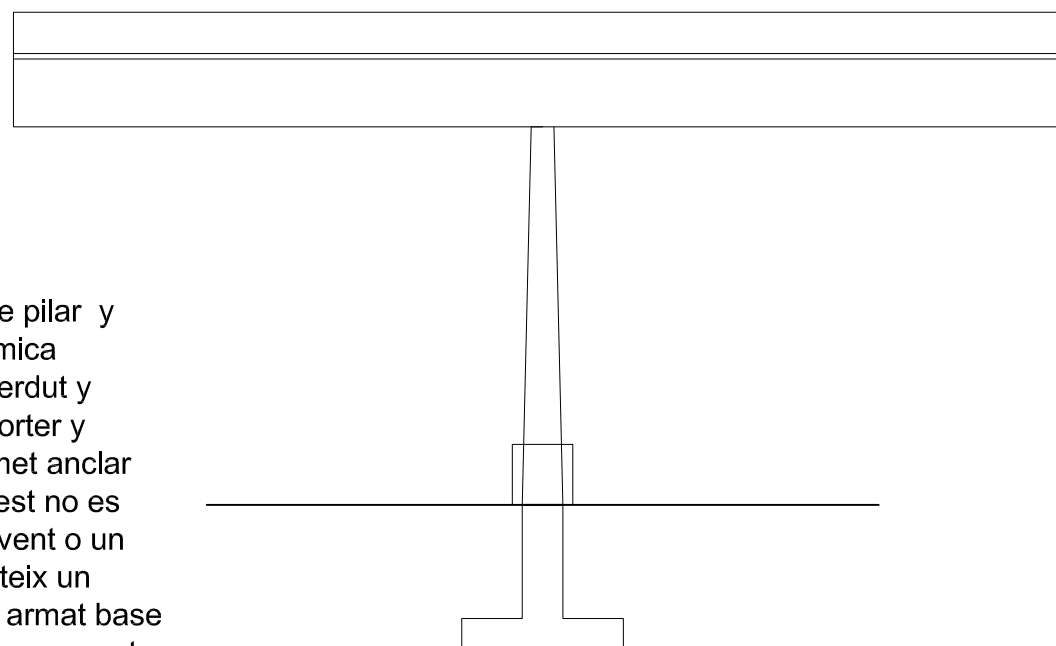


Separació cercols 10cm  
 Separació cercols 15cm  
 Separació cercols 20cm  
 Separació cercols 50cm



### SECCIONS

Es tracta d'una estructura de pilar y parasols realitzat amb ceràmica (treballant com a encofrat perdut y oferint capacitat portant), morter y armat . La gran sabata permet anclar l'element de forma que aquest no es pugui tombar en un cop de vent o un accident. En la coberta existeix un armat antipunçonament, un armat base y un armat pretensat que discorre entre les peces ceràmiques.



Armadura de ábac

Armadura pretensada

Malla d'acer. Separació 20cm

E 1.100



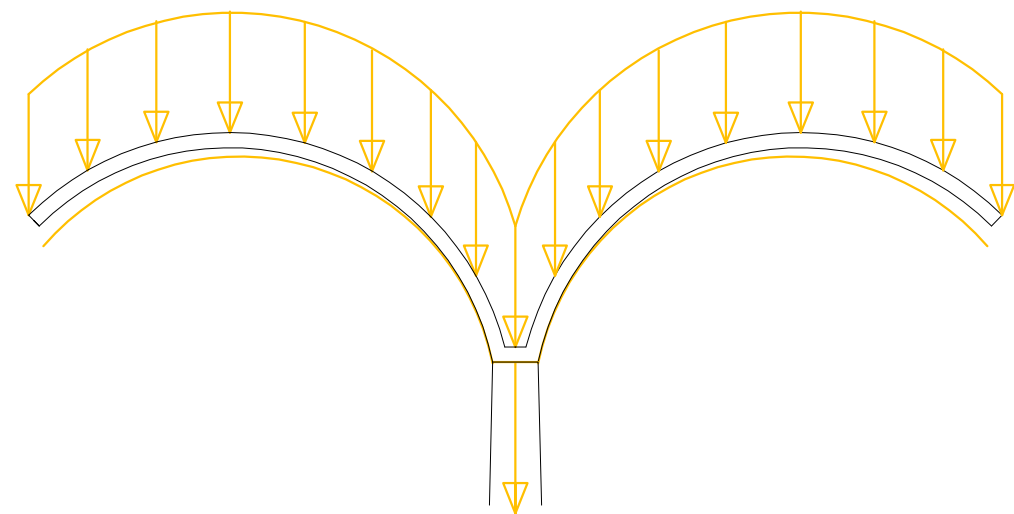
EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures  
 PROJECTE FINAL DE GRAU  
 GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria  
 Projectistes:  
 Javier Rubio Diaz  
 Rubén Sanz Fernandez  
 Convocatoria Octubre 2010

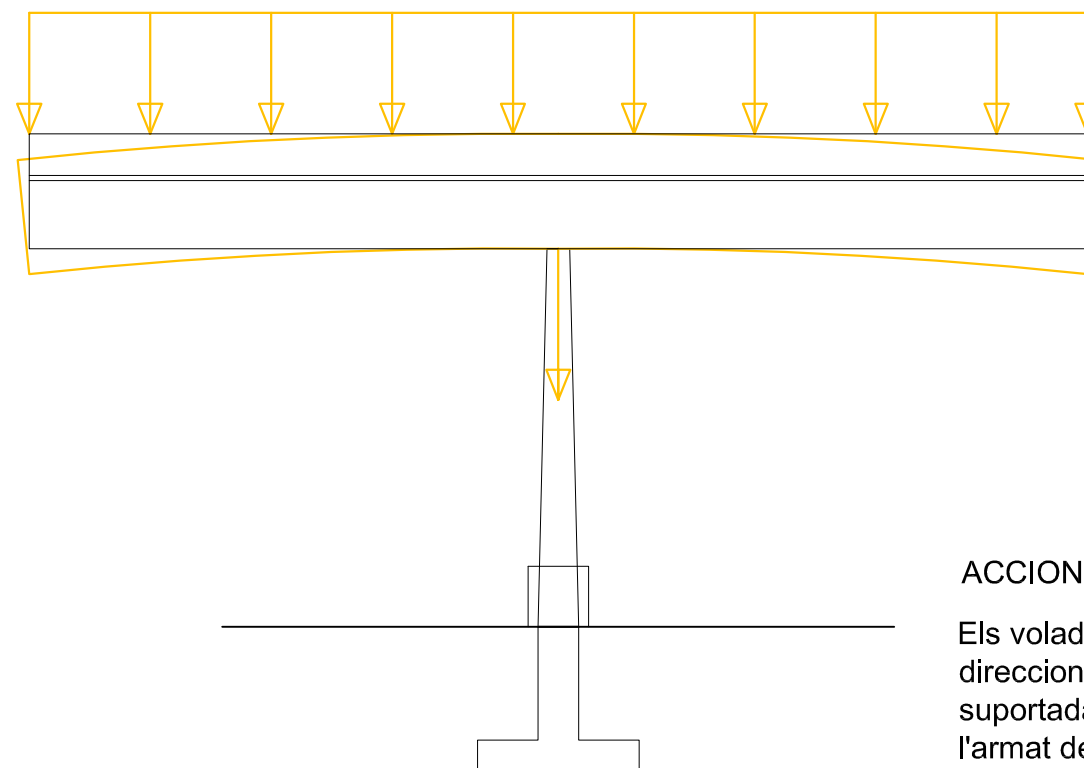
Contingut: Seccions y Detalls  
 Autor: Eladio Dieste  
 Obra: Barbieri e Leggire

122



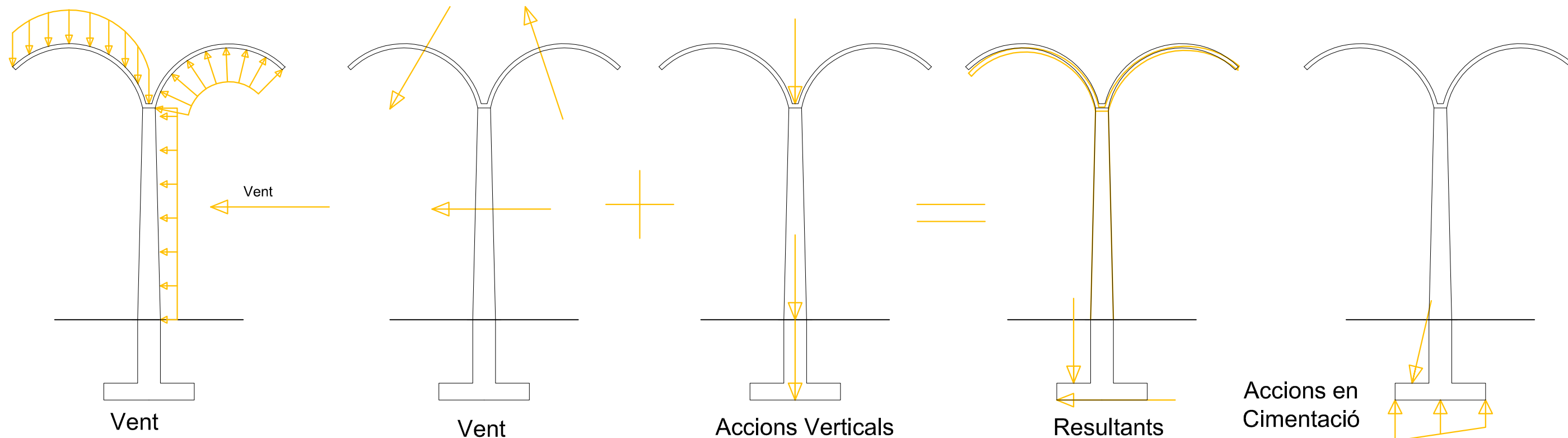
### REACCIÓ AL VENT

Aquesta estructura pot tenir greus problemes en una ventada degut a la gran superfície dels voladís i la poca secció de suport al pilar. Com s'ha comentat podria provocar un tombament si no fos per l'armat y la gran sabata.



### ACCIONS VERTICALS

Els voladís tenen una deformació en dos direccions degut a que es tracta d'una superfície suportada per un element puntual (el pilar), així, l'armat de la zona de dalt treballa a tracció y es d'una secció molt important.



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Deformades per accions verticals y del vent

Autor: Eladio Dieste

Obra: Barbieri e Leggire

123

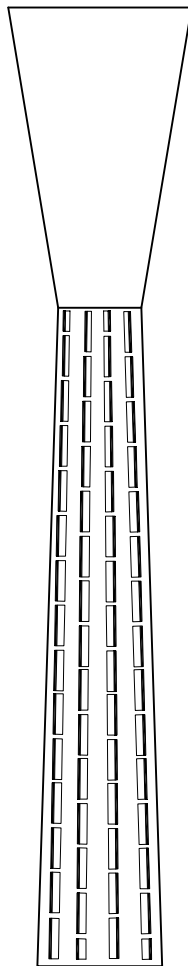


# Water Tower

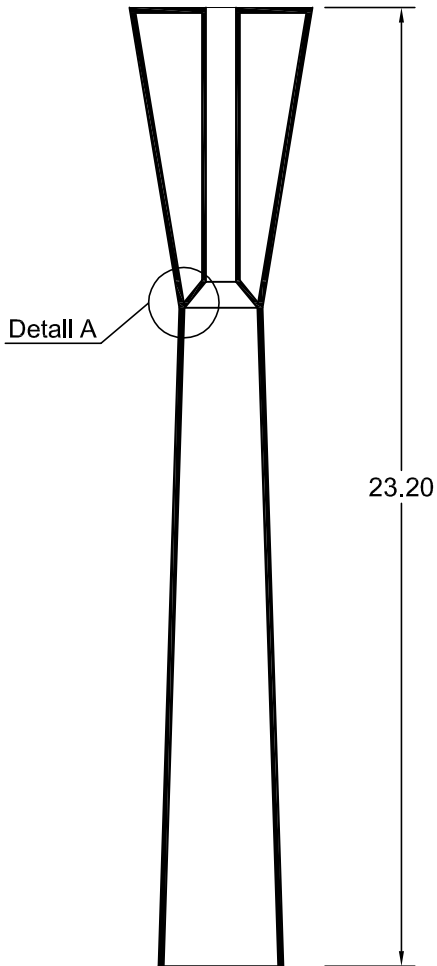
Placed atop a supporting shaft similar to that at Las Vegas, the water tank of the Refrescos del Norte tower is an inverted cone, preserving an internal vertical passage.

The walls of the 80-foot shaft are just 5.5 inches thick, and those of the tank, even thinner - a remarkable feat for this 13.200 gallon structure. The drawing of the tower show vertical and horitzontal reinforcing throughout the shaft that allows the structure to act integrally in resisting both the vertical load and wind pressure.

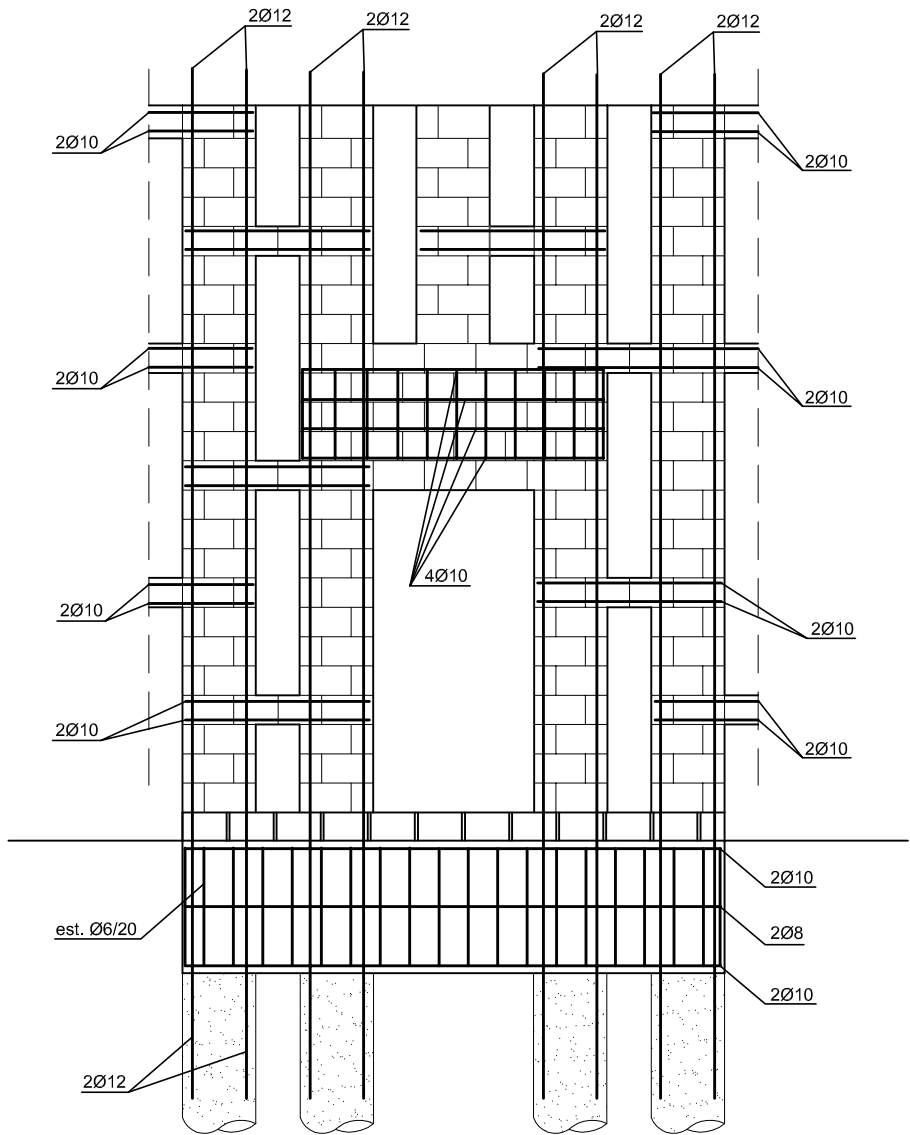




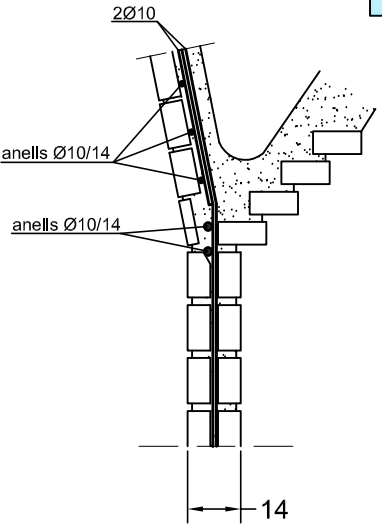
Alçat de la Torre. E: 1/50



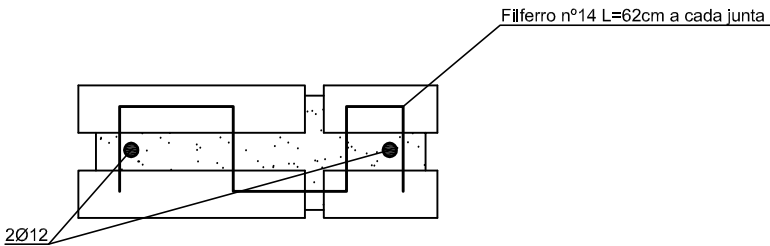
Secció de la Torre. E: 1/50



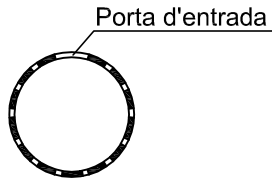
Distribució Armadura. E:1/10



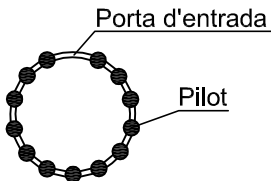
Detalla A. E:1/5



Armadura Pilars



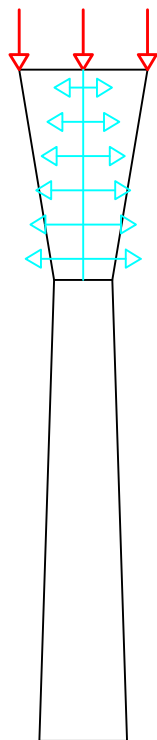
Planta Torre. E: 1/50



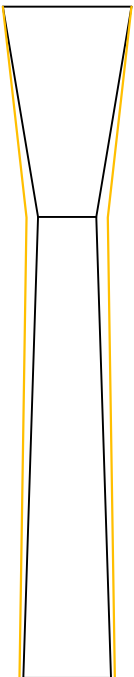
Planta Fonaments. E: 1/50



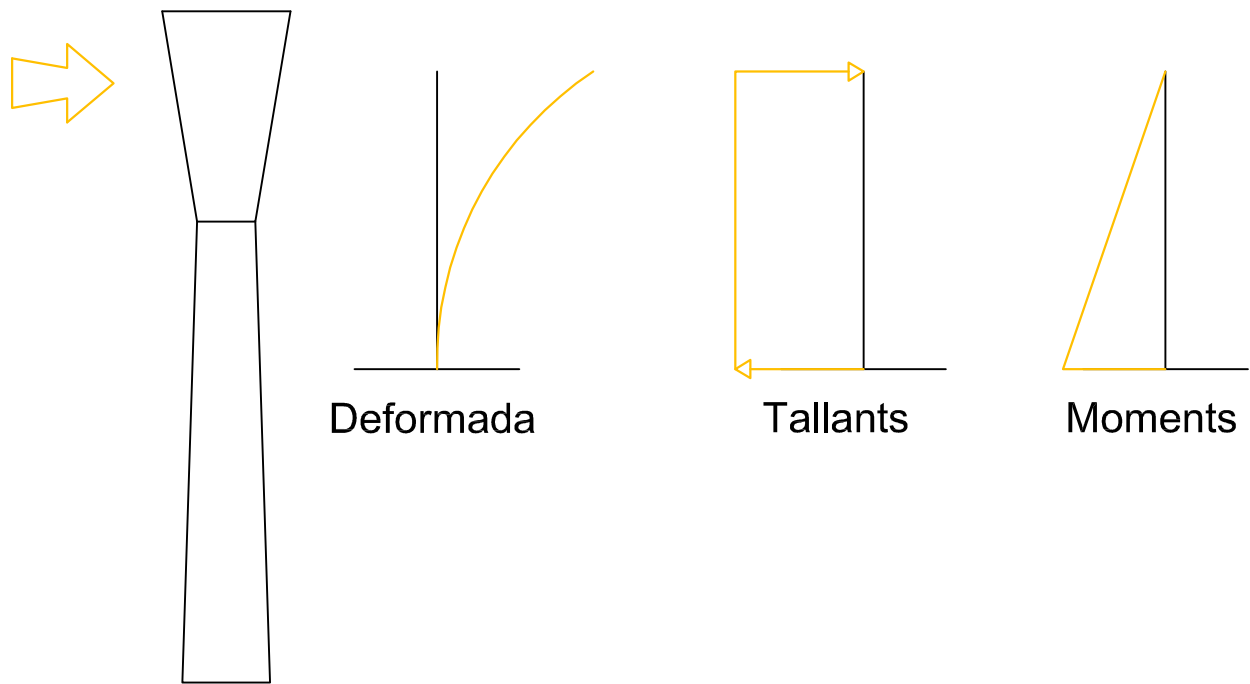
Càrregues Gravitatòries: Es tracta d'una estructura simple que transmetrà les càrregues del pes propi fins a la fonamentació. També es tindran en compte els esforços de la pressió de l'aigua.



L'alta pressió que acumula la part superior de la torre crea una empenta lateral a les parets perimetrals partint del centre. Per aquesta raó, la deformada que es crea és un petit increment de la part estreta, transformant la figura inicial de la torre en un cilindre.



Càrregues de vent: Al tractar-se d'una estructura esvelta, el vent tindrà una importància en el seu comportament estructural. Per tal de considerar la pitjor situació, s'aplicarà el vent en el punt més alt de la torre.



El vent està estratègicament estudiat en aquesta construcció, ja que els forats alterns de les parets, permeten que l'aire pugui travessar la torre sense crear una càrrega directament en una superfície sòlida. A més, la forma tronco-cònica de la torre dificulta també la incidència d'aquesta càrrega, evitant un impacte directe sobre l'estructura.

↓

Càrregues gravitatòries

↓

Càrregues de l'aigua

→

Càrrega del vent

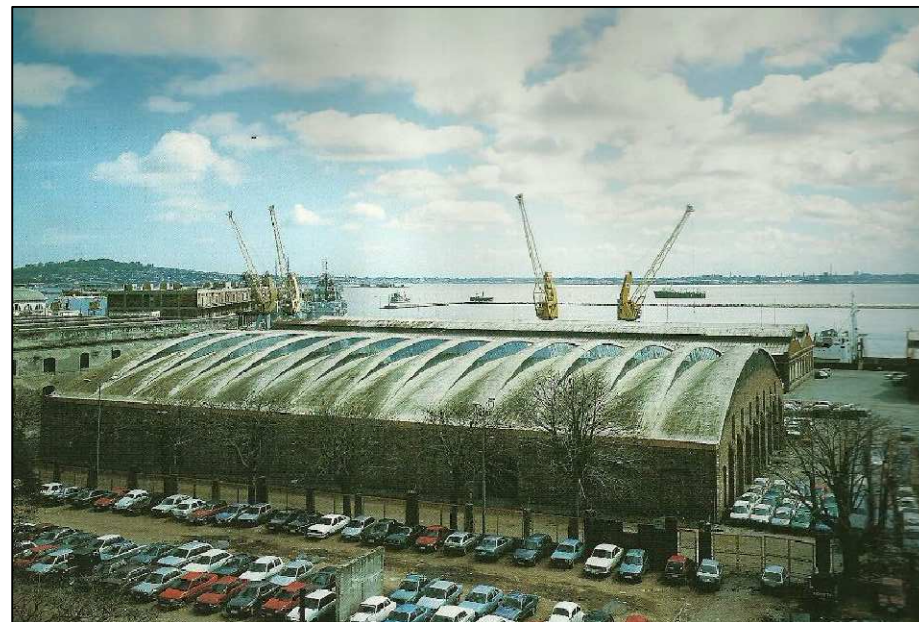


# Port warehouse

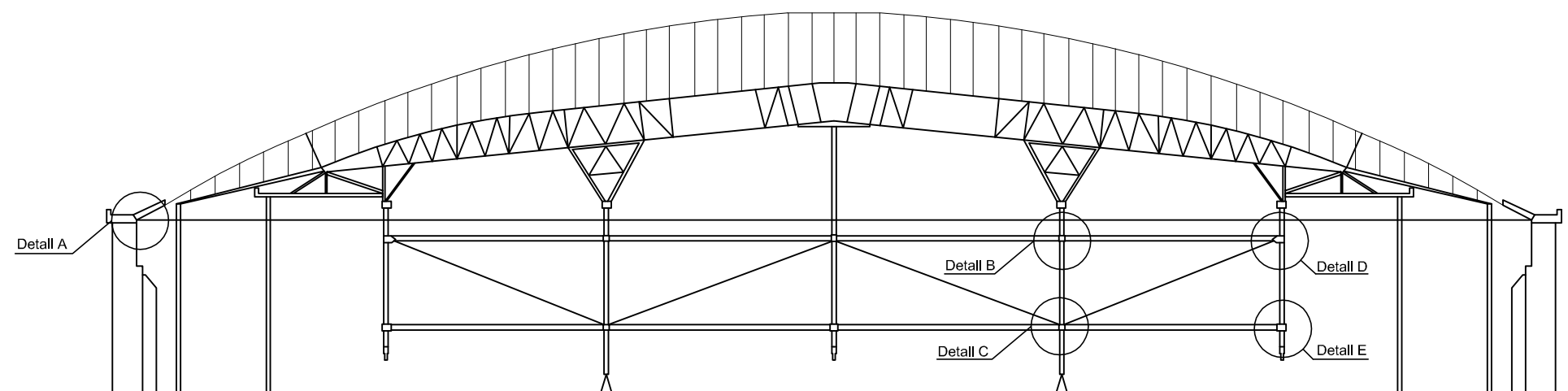
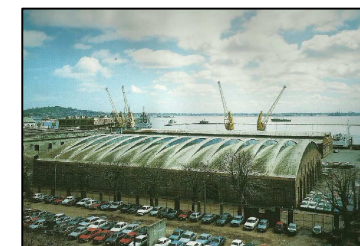


A warehouse at the Port of Montevideo was severely damaged by fire. The competition guidelines for designing a new warehouse assumed the demolition of what survived. Instead, Dieste worked with the remaining walls, using arguments that derived from aesthetics, conservation, and efficient use of resources.

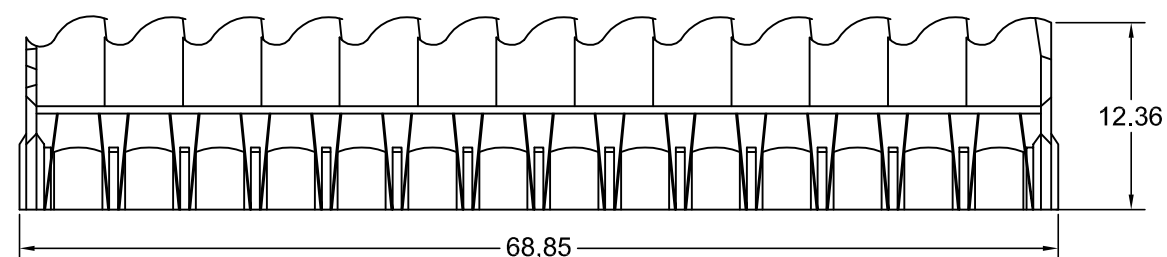
The 164-foot span of this series of discontinuous double-curvature vaults that Dieste employed to enclose the warehouse is the greatest yet achieved by the engineer's method. With its wide span and low rise, there is great outward thrust on the side walls. This is taken up with substantial reinforced concrete edge beams atop the walls to eliminate dimensional differences between the old walls, thus providing a uniform span for the new vaults and for the movable form upon which they were constructed. The old walls were reinforced and clad in new brick on the exterior, and brick buttresses were added at the end walls for wind loading.



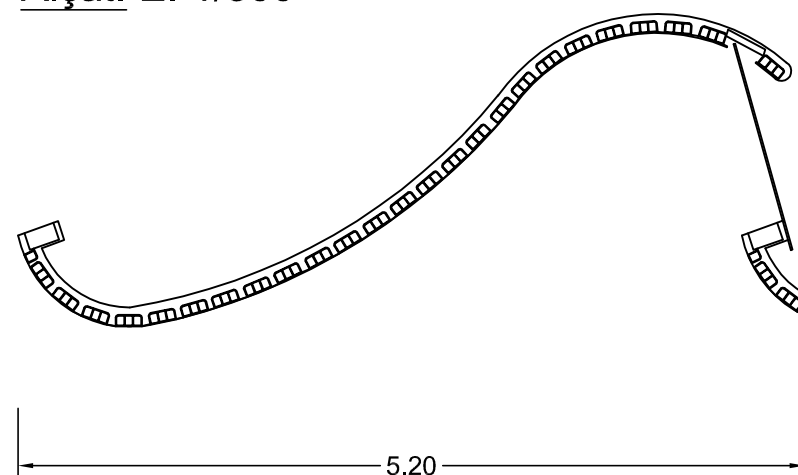
Between the low and high edges of the successive s-shaped vaults, Dieste provides his characteristic glazing. The structural independence of the vaults and the end walls is underscored by the inclusion of windows, large and small, on the end wall. Balanced light pervades the space.



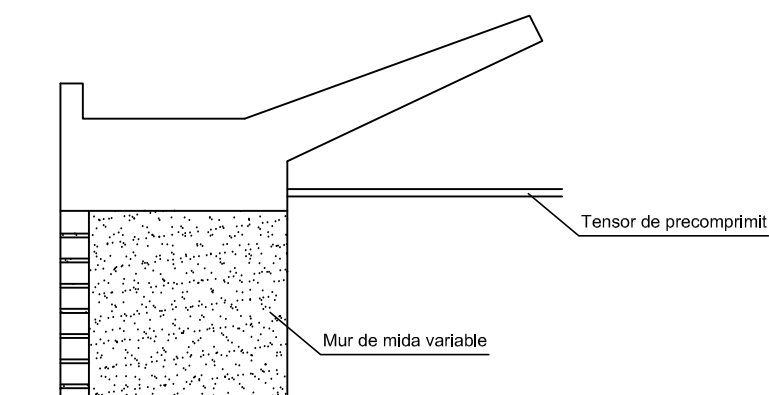
Secció Transversal.



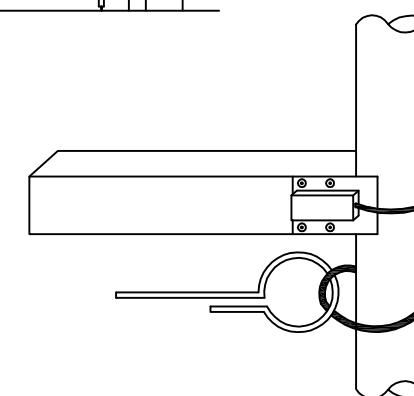
Alçat. E: 1/500



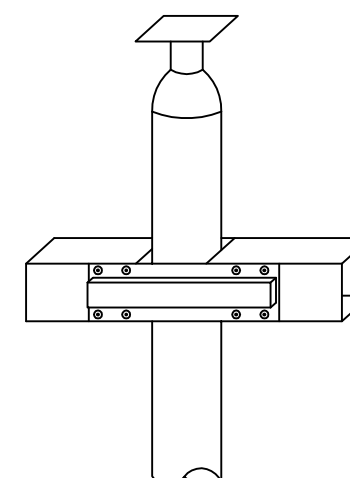
Secció d'una volta. E: 1/50



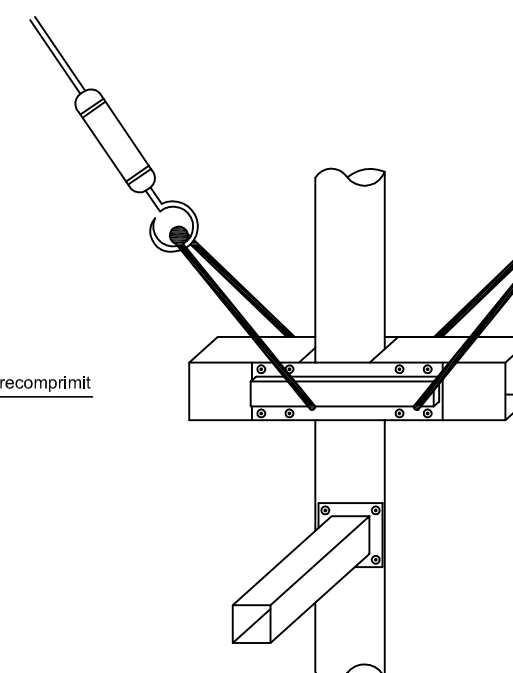
Detall A



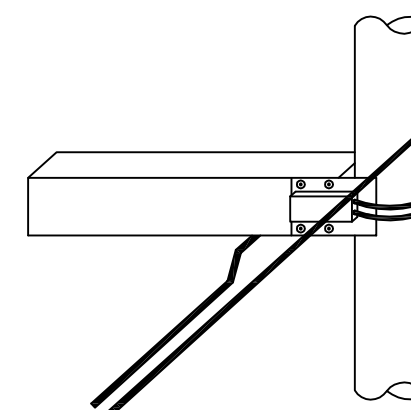
Detall E



Detall B



Detall C



Detall D



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Seccions

Autor: Eladio Dieste

Obra: Depòsit Julio Herrera i Obes

128



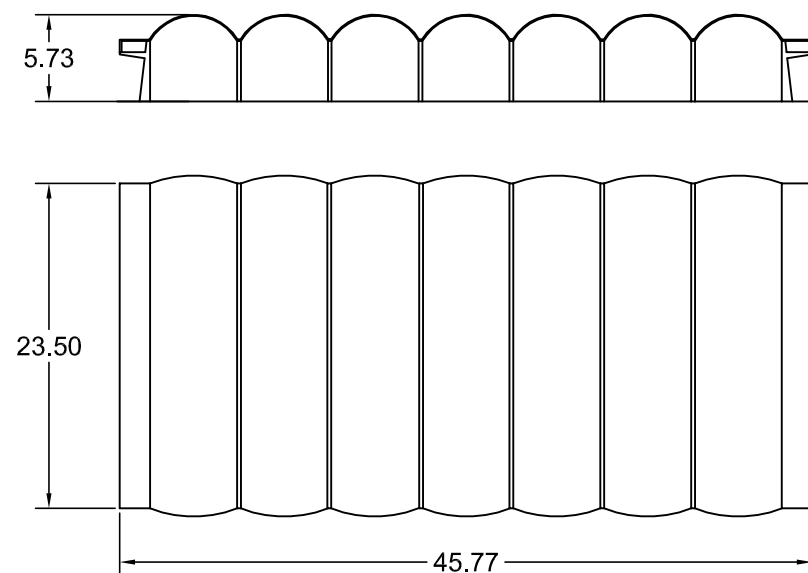
# Bus Station

Supported by a single row of columns are long self-carrying vaults with equal cantilevers of 40 feet. Such cantilever vaults are ideal for sheltering (as opposed to enclosing) structures and thus are perfect for bus stations. At the lateral outer edge of the vaults, Dieste sought a more gradual and spatial termination in consideration of people's passage through the space.

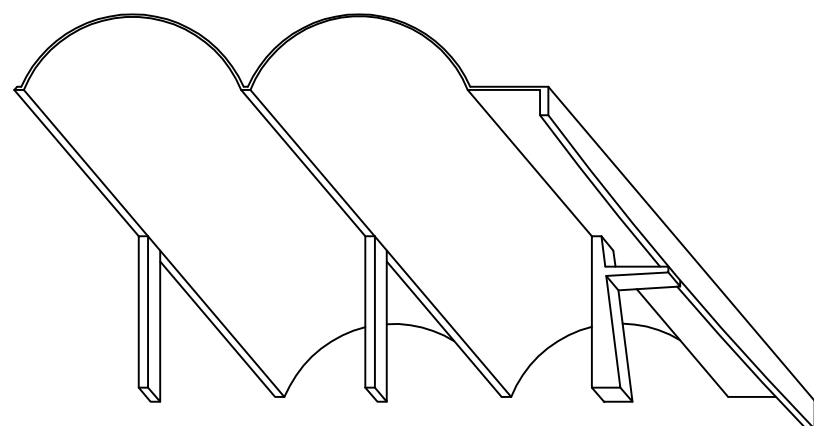
He did not adopt his most structurally efficient solution of a tapered edge beam but rather an edge slab, the outer half of which is carried by a thin, cantilevering concrete beam, separated from the central concrete outrigger by steel pins.



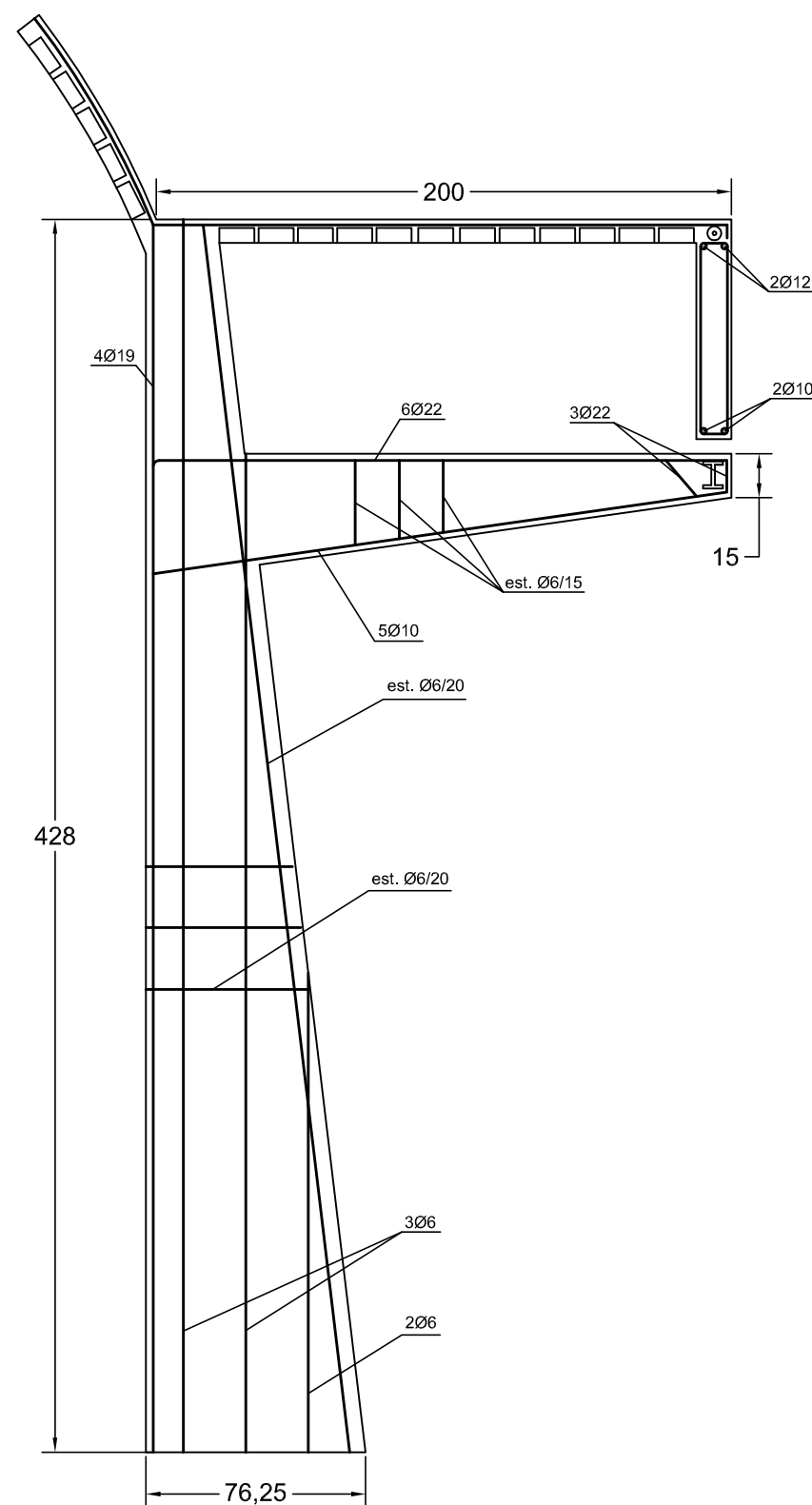




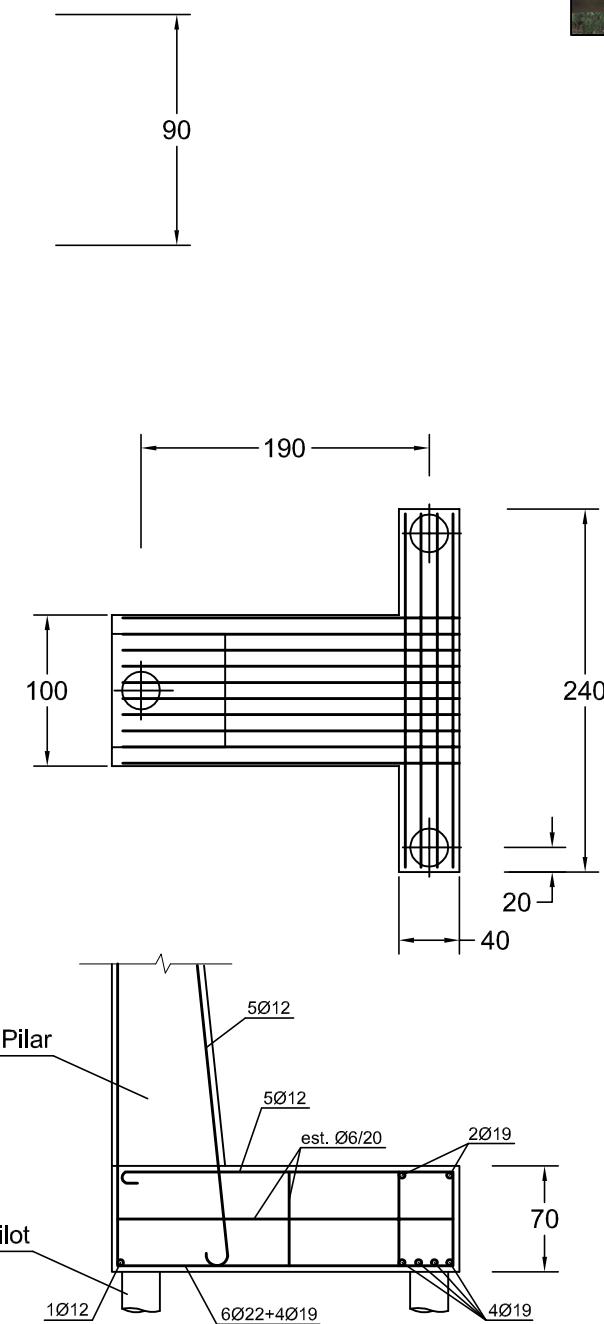
Planta i alçat de l'estació. E: 1/500



Esquema en perspectiva de dos pòrtics.



Secció pilar extrem dret. E: 1/25

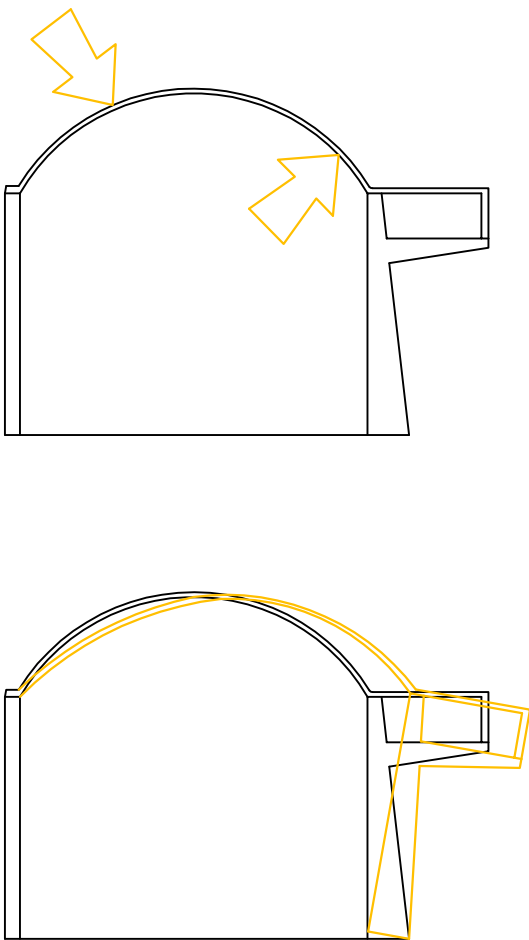
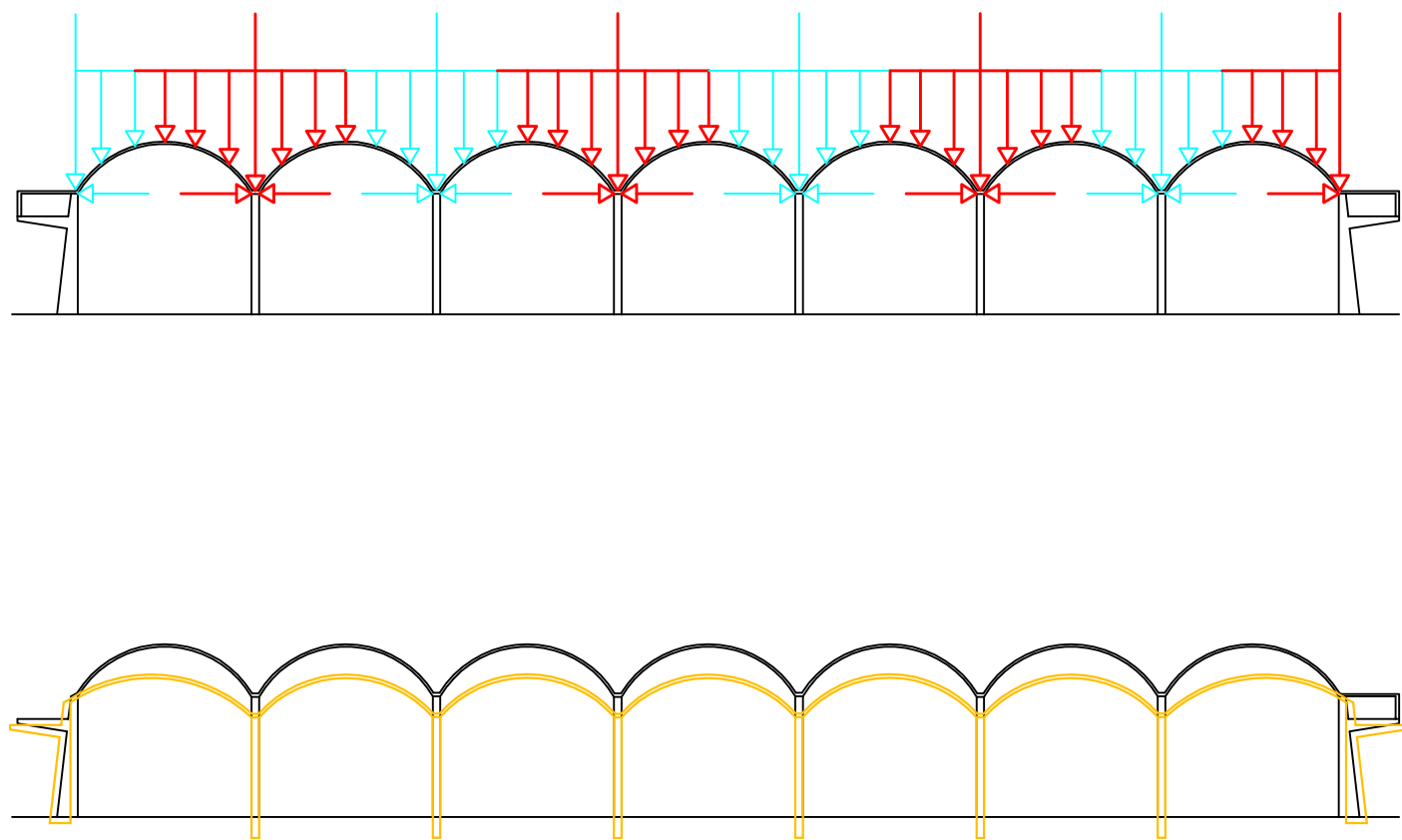


Fonamentació Pilar extrem dret. E: 1/50



Càrregues Gravitatòries: Es tracta d'una estació d'autobús, on les voltes de ceràmica armada només aguanten el seu propi pes i que no hauran de transmetre cap tipus de sobrecàrrega d'ús.

Càrregues del vent: Per tal de considerar la pitjor situació possible de la càrrega del vent, s'aplicarà una força exterior perpendicular a la superfície i una càrrega interior de succió també perpendicular.



Càrregues gravitatòries

Càrrega del vent

## 4. Conclusions

Una vegada finalitzat el present projecte, hem pogut contemplar l'evolució de les estructures al llarg del temps. Per poder complir amb les necessitats estructurals dels edificis, s'ha tingut que evolucionar en les tècniques constructives, aconseguint que els materials rendeixin al màxim, siguin més duradors i que puguin resistir els esforços segons les necessitats de l'edifici. Tot i així, cada una de les estructures que s'analitzen té particularitats i avantatges que s'han tractat al llarg del treball, i que fan d'aquestes estructures emblemàtiques, edificacions úniques.

D'aquesta manera podem fer una valoració objectiva de les motivacions a aquesta evolució.

### Ceràmica

Les primeres estructures de la segona meitat del segle XIX caracteritzades per l'utilització de la ceràmica, van tenir molt d'èxit degut a les possibilitats econòmiques i a la flexibilitat de poder realitzar formes il·limitades, des d'arcs, voltes fins a formes més complexes.

Hi havia un greu problema associat a la impossibilitat de càlcul de l'estructura, que ni Esteve Terrades va aconseguir terminar de concloure en el seu famós Estudi. El problema fou no haver obtingut la relació de dades amb el càlcul realitzat pels personatges especialitzats comparades a les dades obtingudes als assajos de camp. Aquesta no correlació és deguda a que en el càlcul empíric, no es consideraven els materials de farcit de les voltes, i per tant donaven resultats molt més desfavorables que els realitzats a obra.

Aquest fet provocar el pensament generalitzat sobre el càlcul de voltes, que encara ara molts tècnics defineixen com impossibles de calcular. Actualment obtenim diferents programes d'ordinador que ens ajuden a calcular el conjunt de tot l'entremat. Tot i així al ser el material de reple un material no homogeni, sinó que contenia enderrocs i restes d'altres materials., es difícil d'obtenir uns paràmetres reals sobre els coeficients de treball d'aquest material. A més es disposaven llengüetes de manera uniforme. Tot això permetia transmetre els esforços horitzontals des de la volta fins als paraments verticals, pero amb dificultat d'alplicar al càlcul.

Si avui dia ens plantegegéssim la possibilitat de realitzar una obra amb aquest sistema tindríem greus problemes. Això és degut a la falta de confiança que ofereix el càlcul i una mà d'obra no especialitzada en aquest sistema. L'artesania que requereix provocaria una pujada del cost en la mà d'obra, degut a que els tipus d'estructura d'avui dia estan semi industrialitzats.

### Acer

En canvi a les estructures d'acer, el càlcul es simplifica degut a la homogeneïtat del material en quant a la transmissió d'esforços. Ràpidament, es troben mètodes de càlcul que permeten dimensionar i aprofitar tot el material al màxim per no sobredimensionar l'estructura. A més, permetia independitzar l'estructura dels tancaments.



Aquestes estructures tot i que són molt adequades per a tot tipus d'edificacions, foren totalment obsoletes després de la guerra civil degut a una manca de materials i una impossible importació d'altres països. Això provocar que el material el ferro anés desapareixent de la nostra construcció. Aquest fet va endarrerir la prosperitat del sistema constructiu, excluint del sector les petites obres, com vivendes. També es necessitava una xarxa de transport eficient per poder fer-ho arribar a l'obra des de la fàbrica. No obstant això, la mà d'obra era menys costosa degut a la falta d'especialització dels operaris. Actualment, és un material en desús generalitzat, només per edificis gran embargadura, degut al seu alt cost. Espanya és un país on no ha estat tant tradicional en la seva construcció, tot al contrari d'altres regions com pot ser els Estats Units. En el present treballs indiquem els edificis més emblemàtics com el mercat de Sant Antoni i l'estació de Portbou, on sota una mateixa llum cabien quatre vies de tren i tres andanes, però també amb molts edificacions de l'exemple el podem veure constantment.

Aquest tipus d'estructures singular a més a més permeten, mitjançant geometries com gelosies i encavallades, reduir les deformacions. D'aquesta manera amb menys material s'optimitzava la capacitat portant de l'element en qüestió.

Formigó Armat

El formigó armat segueix sent avui dia la tipologia estructural més utilitzada. Degut això, cada vegada hi han més tècnics i operaris familiaritzats en aquest tipus d'estructura. Com a conseqüència, els mètodes i la qualitat final del producte milloren constantment.

Aquesta tipologia permet conformar geometries in situ gràcies als encofrats i el seu mètode de càlcul està normalitzat. Es tracta del sistema més ràpid i més econòmic per la construcció de vivendes. Degut a les seves característiques permet fabricar pòrtics fins a 6 - 8 metres de la forma més eficient possible. A partir d'aquestes mesures, s'hauria d'utilitzar estructures d'acer, formigó pretessat o voltes a la catalana tal com hem observat.

Els tractats més famosos que s'ajusten a la normativa espanyola so Montoya i Calavera, els quals han perfeccionat el mètode de càlcul del formigó armat i l'han apropiat als tècnics amb uns coneixements bàsics d'estructures, tot i així es seu gran mestre tant en importació, càlcul i disseny fou el tant reconegut enginyer Eduardo Torroja.

El problema d'aquest tipus està en el procés de fabricació, ja que té un impacte ambiental en l'aigua i en l'extracció de les matèries primes. Encara que, gràcies a la indústria química, s'han fabricat additius que permet conferir unes propietats mecàniques i químiques al formigó, depenent de les necessitats.

Ceràmica Armada

La ceràmica armada és una clara evolució de la ceràmica convencional. Reunint en un mateix sistema morter, acer i ceràmica, s'aconsegueix una estructura resistent a esforços de tracció i compressió, sense la necessitat d'utilitzar material de farcit no homogeni. Gràcies a l'acer que porta dins dels elements constructius, l'estructura reparteix de manera uniforme les càrregues concentrades, pretensant l'estructura i donant-li monolitisme.

Aquest material permet fer superfícies més primes que la ceràmica tradicional. L'armadura que aguanta el pes propi de les estructures de ceràmica armada es tracta d'un armat bàsic estipulat. En canvi, per tal d'absorbir les càrregues d'ús, s'utilitza una segona armadura, que canvia segons les necessitats de l'edifici.

Desafortunadament, les estructures de ceràmica armada no van tenir èxit a Espanya i van triomfar sobretot a Sud-amèrica, gràcies a la figura d'Eladio Dieste.

Apreciació personal

A nivell personal, aquest treball ens ha proporcionat un resum global del funcionament de les diferents estructures, l'apreciació de les diferències més importants, i els problemes que tenen cadascuna.

Ha sigut interessant conèixer els autors més representatius en la història d'Espanya, com aquests s'han especialitzat en un tipus d'estructura i l'han potenciat al màxim. Sempre és important aprendre dels més savis, i en aquest projecte hem pogut valorar l'esforç que hi ha darrere de les seus projectes emblemàtics. També era oportú conèixer algunes de les obres més emblemàtiques d'Espanya, el seu patrimoni arquitectònic i la influència que aquests han aportat a la manera de construir. Tot i així, hem de ser conscients que s'han estudiat només els arquitectes dins d'Espanya, i que fora del país també existeixen influències per descobrir.

Ens ha semblat ressenyable els canvis bruscs en l'evolució de les estructures. Encara que un sistema hagi estat plenament adoptat, quan sorgeix un de nou que permet fer el mateix, però amb unes millors condicions econòmiques i mecàniques, el primer desapareix completament per potenciar el següent. Encara que, curiosament, s'intenta imitar sempre l'estructura anterior. Aquest seria el cas de com abans es feien encavallades de fusta, i ara es fan les mateixes geometries amb acer.

Finalment, ha sigut una expèriencia positiva per potenciar els nostres coneixements de les estructures i posar-nos a prova en diferents aspectes que havíem desenvolupat al llarg de la carrera.

5. Recomanacions

Actualment s'ha estancat la innovació de nous sistemes estructurals, s'ha acceptat que el formigó armat és el sistema clau per a quasi qualsevol tipus d'estructura avui dia. Recomanem la investigació, la implantació i la formació en aquests sistemes passats, sobretot veïem de gran utilitat el sistema de ceràmica armada, donat que permet solucionar les necessitats actuals en quant a grans llums, aporta una estètica característica i diferent de la que existeix en Espanya.

A continuació hem realitzat una comparació objectiva de les característiques de cada un dels materials que hem analitzat per fer estructures.

	Ceràmica	Acer	Formigó	Ceràmica armada
Tipus de construccions	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vivendes.</li> <li>Tallers.</li> <li>Cellers.</li> <li>Petites indústries.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mercats.</li> <li>Fàbriques.</li> <li>Estacions.</li> <li>Palaus.</li> <li>Monuments.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vivendes.</li> <li>Ponts.</li> <li>Gratacels.</li> <li>Grans edificis de serveis.</li> <li>Construccions sota rasant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estacions.</li> <li>Torres.</li> <li>Graners.</li> <li>Esglésies.</li> </ul>
Avantatges	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptabilitat.</li> <li>Baix cost de fabricació.</li> <li>Lleugeresa.</li> <li>Durabilitat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mètode de càlcul normalitzat.</li> <li>Muntatge industrialitzat.</li> <li>Lleugeresa en relació al formigó.</li> <li>Possibilitat de cobrir grans llums.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mètode de càlcul normalitzat.</li> <li>Cost de posada en obra barat.</li> <li>Adaptabilitat a diferents formes.</li> <li>Possibilitat d'otorgar-li propietats segons les necessitats.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bon comportament acústic.</li> <li>Lleugeresa.</li> <li>Adaptabilitat a diferents formes.</li> <li>Cost econòmic baix.</li> <li>Posada en obra estandarditzada.</li> </ul>
Desavantatges	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de mètode de càlcul.</li> <li>Necessitat de molta mà d'obra.</li> <li>Treballa malament a tracció.</li> <li>Utilització de material no homogeni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alt cost de posada en obra.</li> <li>Mà d'obra especialitzada.</li> <li>Dificultat en el transport.</li> <li>Ús restringit a grans edificacions.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gran impacte ambiental.</li> <li>Mètode constructiu llarg.</li> <li>Posada en obra lenta.</li> <li>Alt risc de patologies internes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de mètode de càlcul.</li> <li>Ús restringit d'edificacions.</li> <li>Posada en obra complexa.</li> <li>Necessitat de geometries especials per otorgar inèrcia.</li> </ul>
Llums màximes	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 a 4 metres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>7 metres en perfils normalitzats, però es pot adaptar a la llum desitjada amb altres elements com encavallades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 metres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 metres.</li> </ul>
Cost	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevat degut a la llarga duració de la posada obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevat cost degut al transport i a la mà d'obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cost elevat del formigó degut a la gran massa necessària.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cost barat dels materials, però alt cost total de l'obra.</li> </ul>
Mà d'obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>Personal especialitzat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Personal especialitzat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Personal no estrictament especialitzat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Personal especialitzat.</li> </ul>
Durada a Espanya	<ul style="list-style-type: none"> <li>Segle XIV - 1960.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Principis segle XIX - Actualitat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1893 - Actualitat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En Espanya pràcticament en desús. En Sud-amèrica 1960-1980.</li> </ul>



## 6. Bibliografia

Roca Rosell, Antoni (2004) *Esteve Terradas Illa (1883-1950) Enginyeria, arquitectura i ciència al segle XX*. La Salle Enginyeria i arquitectura. Llibre rebut gratuïtament de la Universitat de la Salle.

Truñó, Angel (2004) *Construcción de bóvedas tabicadas* - Instituto Juan de Herrera. Escuela técnica superior de Arquitectura de Madrid

Seguí Buenaventura, Miguel (1994) *Félix Candela Arquitecto* - Ministerio de obras públicas, transportes y medio ambiente.

Cánovas, Andrés (2000) *Banco Bilbao Sáenz de Oiza* - Departamento de proyectos ETSA Madrid.

Grompone, Juan (1993) *Eladio Dieste - Biografia*.

Stanford, Anderson (2004) *Innovation in structural art* - Biografia de Eladio Dieste.

Pedreschi, Remo (2000) *The Engineer's Contribution to Contemporary Architecture* - Biografia d'Eladio Dieste.

Mateu Giral, Jaume (2000) *L'enginyer Domingo Cardenal* - Biografia

Mansana, Domenech. *Domenech Estapà* - Arxiu del COAC

Vila, Clara i Gardeñes, Anna. *Guia de Detalls constructius de formigó armat des de l'inici del segle XX fins a mitjans de segle*. PFC

Teruel, Andreu - *Guia pràctica de les estructures ceràmiques horitzontals*. PFC

Sells, Martí - *Guia pràctica de detalls constructius d'acer des de l'inici del segle XX fins a mitjans de segle*. PFC

Institut d'estudis catalans de Barcelona. - *Estudi Volta Catalana de Esteve Terrades y plànols del metro de la plaça de la universitat*. Carrer Carme 47 Barcelona.

Arxiu de la ciutat de Barcelona - *Planols de la plaça de toros la Monumental*. Carrer Bisbe caçador 4, Barcelona.

Arxiu d'urbanisme de Barcelona. - *Planols del mercat de Sant Antoni*. Avinguda Diagonal 240, Barcelona.

Mas Guindal, Antonio J (2005) *Eladio Dieste y la cerámica estructural en uruguay* - Informes de la construcción Vol 56 nº496 Marzo-Abril 2005

Cisnero, Fernán (2006) *Tributo a Eladio Dieste* - Article del diari El País. Edició Trocadero.

Fernández, Magda (2005) *Lluís Muncunill i la ciutat de Terrassa* - Museu de la ciència i de la tècnica de Catalunya. Colecció Quaderns de didàctica i difusió 16.

Fons històrics de Domenech i Estepa i de Martorell i Terrats. *Planols de les seves obres més representatives* - Arxiu COAC

Comissió lexicogràfica de l'ITEC. *Lèxic de la construcció* - ITEC.



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatòria Octubre 2010

Contingut: Bibliografia

136

## Planes Web

Ballonga, Jordi. Il·lustrador. <http://jordiballonga.blogspot.com/> -  
Pagina web y diverses publicacions

Buenaventura Bassegoda, Musté. *Bovedas Tabicadas (1952)*  
[http://webs.demasiado.com/forjados/historia/bovedas/tabicadas/  
tabicadasbasegoda.htm](http://webs.demasiado.com/forjados/historia/bovedas/tabicadas/tabicadasbasegoda.htm).

Diccionari Visual de la construcció  
[http://www20.gencat.cat/portal/site/ptop/menuitem.2a0ef7c1d39370  
645f13ae92b0c0e1a0/?vgnextoid=767c5ec7a3448210VgnVCM100  
0008d0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=767c5ec7a3448210VgnVCM  
1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextfmt=default](http://www20.gencat.cat/portal/site/ptop/menuitem.2a0ef7c1d39370645f13ae92b0c0e1a0/?vgnextoid=767c5ec7a3448210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=767c5ec7a3448210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextfmt=default) - Generalitat de  
Catalunya

Traductor de google - <http://translate.google.es/>

## 7. Agraïments

A la Gemma Muñoz per la seva atenció regular, el seu esforç y  
empatia.

Al Francisco Rubio, arquitecte tècnic, per deixar-nos un lloc al seu  
despatx per realitzar les feines mes comodament y per  
transmetre'ns el seu coneixement y oferir-nos suport.

Al Jesus Fajarnés, arquitecte tècnic, per haver-nos facilitat  
informació sobre la reforma en el mercat de Sant Antoni.

Al Cristian Rabinad, cap de producció de l'empresa constructora,  
que ens va permetre realitzar una breu visita de obra per observar  
l'estat del mercat.

Al centre de documentació del Mnactec per facilitar-nos informació  
sobre la obra de Lluís Muncunill a Terrassa y prestar-se a ajudar en  
la recerca de informació al respecte.

Per últim a la família per haver suportat les nostres llargues  
absències a casa i les nits passades fora.



EPSEB

Departament de construccions arquitectòniques II - Secció Departament d'  
Estructures

PROJECTE FINAL DE GRAU

GUIA DE DETALLS CONSTRUCTIUS I EL SEU CONCEPTE ESTRUCTURAL  
DES DE L' INICI DEL SEGLE XX FINS MITJANS DE SEGLE

Directora: Gemma Muñoz Soria

Projectistes:  
Javier Rubio Díaz  
Rubén Sanz Fernández

Convocatoria Octubre 2010

Contingut: Bibliografia i agraïments

137

## 8. Justificació d'ambientalització

### 8.1 Classificació ambiental del PFG

Segons la Guia d'ambientalització dels treballs de final de grau consultada a la Web, aquest treball es classifica com: Tipologia B: treballs que tracten indirectament de l'impacte ambiental.

### 8.2 Aspectes mediambientals cosiderats

Dins de la categoria B, subapartat treballs d'Història, es consideren els següents punts:

#### 8.2.1 B.6 Comparació de l'impacte abans i ara.

##### Ambiental

Al llarg dels anys els processos de fabricació s'han industrialitzat, aconseguint d'aquesta manera una centralització del producte. Això, junt amb normatives més restrictives, permet un major control dels residus que s'emeten en la seva fabricació y de la utilització de materials que puguin ser tòxics.

##### Entorn

En l'actualitat és menor l'impacte en l'entorn, degut a la quasi total gestió de residus, tot i que abans, es pretenia minimitzar part dels residus, per exemple, aprofitant les peces trencades en els reblerts (per tal de disminuir la quantitat de morter o formigó).

### Sociocultural

Actualmente la elecció del formigó armat com a sistema estructural es el mes demandat a nivell de vivendes y edificis degut a la seva gran difusió, la demostració de confiança mitjançant càlculs normalitzats, la llibertat de composició arquitectònica i la funcionalitat que permet lliberant l'espai de parets de càrrega. En els casos de rehabilitació actualment està molt valorat l'existència de parets de mamposteria degut al seu valor estètic. En canvi les estructures metàl·liques han quedat relegades a la construcció de mercats o la indústria.

### Econòmic

L' elecció de un sistema constructiu normalment està condicionat per la capacitat econòmica del promotor. A diferència del formigó els sistemes basats en acer o ceràmica comporten una despesa molt important en mà d'obra degut a la necessitat d'especialització del personal.

#### 8.2.2 B.7 Sostenibilitat del material en el temps

No és objecte d'aquest PFG, donat que no contempla l'estudi de patologies.



8.2.3 B.8 Viabilitat actual del procés.

El procesos constructius son viables. En el cas del formigó y l'acer es segueixen utilitzant amb el mateix sistema. El sistema de la ceràmica está abandonat en la majoria de casos, no obstant encara es factible posar-ho en práctica. No obstant seria necessari la existencia de mà de obra especialitzada per portar-ho a bon terme. La ceràmica armada actualment està en total desús degut a que cap arquitecte a seguit el llegat de Eladio Dieste.

8.2.4 B.9 Mancances de la normativa vigent

No és objecte d'aquest TFC, donat que el sistema constructiu està en desús des de mitjans del segle XXma constructiu està en desús des de mitjans del segle XX.

## 9. Annex

Estudi de Esteve Terrades sobre la volta de maó de pla



## ESTUDIS D'ESTEVE TERRADAS SOBRE LA VOLTA DE MAÓ DE PLA

per

*JAUME ROSELL i ISABEL SERRÀ*

Aquesta és una reflexió sobre els treballs que, durant els anys 1919, i següents, Esteve Terradas i Illa realitzà sobre el comportament resistent de les voltes de maó de pla. Aquests treballs foren motivats per una petició que li féu Josep Puig i Cadafalch, arquitecte, aleshores president de la Mancomunitat de Catalunya, de la qual Terradas era enginyer, per tal d'analitzar el comportament i les possibilitats de càlcul de les voltes d'escala.

El material que hem usat en aquesta recerca és, bàsicament, el que hem convingut d'anomenar la "llibreta de la volta", on figuren una serie de notes i càlculs i la versió manuscrita de la "primera comunicació provisional a D. Josep Puig i Cadafalch."<sup>1</sup>

### LA VOLTA DE MAÓ DE PLA O "VOLTA CATALANA"

La volta de maó de pla és construïda amb maons i aglomerant (guix, ciment o morter); generalment maons prims, quasi sempre rajoles, posades de pla i no de cantell, configurant fulles, o gruixos, units entre sí dos o tres o més.

Les corbes que es formen amb aquests materials són diverses, amb directriu (de revolució o altres), superfícies reglades, paraboloides, etc.

El procés de construcció resultava senzill i poc costós en el marc de les tècniques pre-industrials: una volta sense cintra i de ràpida execució que podia bastir-se amb pocs mitjans.

Tradicionalment, la volta de maó de pla s'ha usat per a cobrir l'espai, com a sostre, com a coberta, per a formar escales, etc. Una tècnica que trobem tant en la construcció popular com en la monumental: cases de camp, cases de pisos, edificis industrials, palaus, esglésies, etc.



Avui és una tècnica en desús al nostre país i, generalment, a tot el món industrialitzat; però abans, com totes les tècniques a base de petits elements conformats, era molt emprada per la seva gran versatilitat, adaptabilitat i barator, que la convertien en una tècnica universal.

Al final del segle XIX i al principi del XX, la tècnica del maó de pla és molt popular a Catalunya i les voltes bastides amb ella mostren la destresa dels artesans de la construcció fins a tal punt que, a fora, es comença a parlar de la "volta catalana" i, com algú ha dit, comença a veure's la volta de maó de pla com "una manera catalana de cobrir l'espai."

Sobre la història i els precedents de la volta de maó de pla s'han escrit textos diversos<sup>2</sup> que coincideixen a assenyalar el creixement industrial de Catalunya com a factor que popularitzà l'ús de la volta i d'altres tècniques del maó de pla. Més tard, l'aparició dels ciments artificials, els quals confereixen una major resistència als morters, consolida els avantatges d'aquesta tècnica i Catalunya es converteix en un centre de difusió de la volta arreu del món.

Només a Nord-amèrica, l'arquitecte valencià Rafael Guastavino i Moreno, que estudià i construí notables edificis a la Barcelona dels anys 1860 i 1870, fundà la societat "Fireproof Company" i patentà la volta catalana amb el nom de "timbre vault" com un sistema de construcció anti-foc, i arribà a construir, als Estats Units i al Canadà (i fins i tot a l'Índia), més de dos mil edificis, alguns dels quals de gran envergadura.

A Catalunya, la volta es convertí en una versió, la més espectacular, de tot un sistema de construir a base de maó de pla que permet de fer fonaments, pilans, parets, envans, terrats i altres elements. Un sistema que fou batejat per aquells arquitectes que aspiraven a la conformació d'una "arquitectura nacional" amb el nom de "construcció catalana".

Entre ells, n'esdevé especialment propagandista Josep Puig i Cadafalch, el qual canta les excel·lències del sistema i de la volta en el Congrés Internacional d'Arquitectes celebrat a Madrid l'any 1904, i en altres publicacions i articles.

L'any 1919, poc temps després que Puig accedís a la presidència de la Mancomunitat (1917), es produí l'encàrrec a Esteve Terradas que constituïx el motiu d'aquesta comunicació.

#### EL CÀLCUL DE LA VOLTA A LA BARCELONA DEL COMENÇAMENT DE SEGLE

Quan Puig encarregà el dictamen a Terradas, el tema del càlcul de la volta era candent i molt popular. La volta, de sempre construïda a *sentiment* pels paletes, era reconeguda com una estructura "impossible" de calcular. Tan bon punt com mostrà les seves propietats tècniques i plàstiques, fet que coincidí amb l'aparició de les primeres institucions científiques en el món de

la construcció, com per exemple l'obertura de l'Escola d'Arquitectura de Barcelona, el càlcul de la volta fou producte d'especulacions i hom assajà distints sistemes que avaluessin allò que la pràctica donava per bo.

Les primeres aportacions, lògicament la transposició dels mètodes de càlcul emprats per als arcs de pedra i de maó adovellat, es limiten a recollir els principis de la grafostàtica, que contemplen els cossos com a sòlids rígids.

S'estava treballant en aquesta línia des del final del segle XIX. Guastavino en fou un dels iniciadors. A més, ell propicià als Estats Units<sup>3</sup> els assaigs sobre fàbriques i morters i tabulà al M.I.T. les seccions i condicions de les voltes més usuals, tot mostrant les grans possibilitats de la tècnica del maó de pla.

Es recullen aleshores les teories que preconitzen la configuració formal de l'arc amb la inversió del polígon de forces i que aquest transcorri sempre dins el terç central de la secció. Bé que, com diu Jeroni Martorell,<sup>4</sup> atenent la configuració especial de la volta, pel que fa a l'adherència dels fulls i al tipus de material emprat, la pràctica mostra que poden superar-se les condicions teòriques. En aquest sentit d'introduir correccions que aproximïn la teoria a la realitat, anaven els estudis de Domènech i Estapà.<sup>5</sup>

És a dir: que si, d'una banda, s'intuïa la capacitat elàstica de la volta (Fèlix Cardellach, per exemple, en donà una bona idea<sup>6</sup>) les pràctiques del càlcul analític eren encara les usades antigament per als sòlids rígids i s'empraven sobretot les teories que Moseley i Mery havien desenvolupat sobre els mètodes de traçat de la corba de pressions.

En un altre nivell hem de situar Gaudí i els seus deixebles: Rubió, Jujol, etc. Aquests tenien una visió més clara del problema. Contemplaven com les pressions no es transmetien en un pla (i per tant invalidaven la recerca a partir de considerar la volta com a suma d'arcs) sinó de forma estèrea en el conjunt de l'element. Preocupats per la "síntesi arquitectònica", que exigeix, diuen,<sup>7</sup> tenir en compte l'estabilitat al mateix temps que la funció i la forma, treballaven amb models de la realitat i amb càrregues a escala per tal de determinar els esforços en qualsevol direcció, usant, d'aquesta manera, totes les possibilitats que tenia el càlcul tradicional. Però el comportament elàstic de la volta ens havia de procurar encara moltes sorpreses.

Els nous conceptes de l'elasticitat, fruit de les aportacions de Lamé, Cauchy, i Navier, etc., arribaren més tard a les voltes de maó de pla, de mà de l'arquitecte Jaume Bayó.<sup>8</sup> Bayó, bé que concebeix ja la volta com una làmina metàl·lica, pretén de calcular-la també considerant-la com a resultat de la suma d'arcs, arcs elàstics tanmateix, cosa que li permet una aproximació més gran a les condicions de treball real, de manera que proposa d'establir lliurement la forma de l'arc i, comprovades les tensions, reforçar les seccions més perjudicades.



Així estaven les coses en la segona dècada del segle XX, quan Puig i Cadafalch encarregà a Terradas que estudiés el comportament de les voltes d'escala.

#### ELS TREBALLS D'ESTEVE TERRADAS

##### *Formuació d'hipòtesis i objectius generals*

De bon començament, Terradas es planteja quin ha d'ésser l'aparell instrumental analític adequat per tal d'aplicar la Teoria de l'Elasticitat a l'estudi de les voltes de maó de pla. Aquesta és una primera novetat en els estudis de la volta, atès que la Teoria de l'Elasticitat, que presenta un fort component operatiu matemàtic, no era ben coneguda encara en els mitjans usuals de l'arquitectura i, per tant, no s'havia aplicat mai amb rigor.

Alhora, Terradas es proposa de portar a terme la comprovació experimental dels resultats obtinguts analíticament. Aquesta comprovació la planteja sobre un model a escala d'un tipus usual de volta i la fa extensiva als seus materials components, ceràmiques i aglomerats, i al comportament de llur unió. És evident que aquesta manera d'operar, alhora analítica i experimental, constitueix una forma científica de plantejar-se el treball.

Tenint present que els elements construïts amb maó de pla són especialment prims, Terradas intueix d'antuvi el possible corbament (pandeig) de la peça i el paper que hi poden arribar a jugar els timpans. Això reflecteix una visió clara del problema i una innovació fonamental en els estudis de càlcul de voltes que fins ara s'havien fet a Catalunya.

Després, Terradas porta lluny el seu pensament sobre la volta de maó de pla, anotant la possibilitat d'emprar-la en estructures d'envergadura, per exemple en els ponts, i en els treballs d'obra pública sens dubte presents en la seva feina d'aquell temps com a enginyer de la Mancomunitat de Catalunya. I proposa assaigs amb ceràmiques armades; possibles variants per tal de reforçar els timpans; estudis comparatius amb l'obra de maó a sardinell i amb els ponts de formigó; i es proposa analitzar els costos de la construcció amb maó de pla referits als de les construccions amb altres tècniques usuals. La materialització de totes aquestes hipòtesis de treball que contemplen l'extensió de les tècniques del maó de pla més enllà de les voltes d'escala, no apareix en els documents consultats i diríem que no es dugué a terme aleshores, però sens dubte la formulació d'aquestes hipòtesis obria un camí del qual més tard encara en veurem algunes traces.<sup>9</sup>

Finalment, es proposa contemplar les possibilitats d'aplicació del càlcul ordinari a les voltes de maó de pla i de configurar una teoria de la volta guerdada amb suports a les parets, tot tornant a la volta d'escala aplomada que, a la vista de la "comunicació provisional", que comentarem més endavant,

és concretament allò que Puig i Cadafalch li havia encarregat. Alhora es proposa d'examinar l'espectacular volta d'escala de Can Batlló, construïda per Guàstavino l'any 1868 o 1869, en el propi edifici on ara hi havia els laboratoris de la Mancomunitat, allà on Terradas tenia el seu despatx.

##### *Estudi i primeres conclusions*

Plantejades les hipòtesis i els objectius inicials, Terradas va anotant a la "llibreta" l'aparell analític que es pot usar tot plantejant-se les condicions materials en què caldrà realitzar els assaigs: tipus de materials a emprar i condicions generals, construcció de les articulacions, material més adequat per a carregar la proba, etc.. Allà deixa constància dels resultats obtinguts per diversos laboratoris estrangers sobre el comportament a compressió, extensió i tallant de la unió de les peces de ceràmica i dels morters, arenes i ciments utilitzats en cada cas.

La lectura d'aquestes notes és difícil car es tracta d'uns apunts d'ús personal, escrits indistintament en català, castellà, alemany, anglès i francès, però sobretot perquè constitueixen una sobreposició d'anotacions sense la continuïtat d'un procés metòdic més fàcilment legible; però, tot i així, mostren ben clarament com es van corregint les propostes a mesura que avança el temps i com existeix un raonament dialèctic entre el plantejament analític i la preparació dels experiments.

Probablement els assaigs parcials que en aquell mateix temps en què s'escriuen les notes s'anaven realitzant, als propis laboratoris de la Mancomunitat, no varen acabar de donar els resultats esperats.<sup>10</sup>

Quant a l'assaig del model d'arc de tres articulacions, Terradas, en comprovar analíticament les tensions màximes que produïa la càrrega de ruptura,<sup>11</sup> i en observar que són totes elles molt petites, conclou que la ruptura es produeix a causa del pandeig, tal i com probablement ja havia intuït de bon començament. Anota aleshores la importància del gruix i dels timpans en les voltes.

A partir d'aquí comprova analíticament el pandeig, no solament en l'arc assajat sinó en la mateixa volta de Guàstavino de 10 m de llum, la qual teòricament resulta que no absorbeix aquest esforç i, això no obstant, s'aguanta.

Aleshores és quan Terradas s'adona del paper que juga el tercer empostrament, el de tota la llargada de la volta en el mur perimetral de la caixa d'escala, i de com la volta d'escala, i per extensió totes les voltes de maó de pla, han de considerar-se com una làmina on les seves condicions en els extrems esdevenen fonamentals. Això inaugura una nova etapa en la comprensió i en el càlcul de les voltes.



Després d'unes reflexions sobre allò que cal fer per a pal·liar l'efecte del pandeig en les voltes d'escala: distribució de la càrrega, regata a la paret i cura en l'execució dels timpans, es disposa a redactar la "primera comunicació provisional" adreçada a Puig i Cadafalch.

### La comunicació provisional

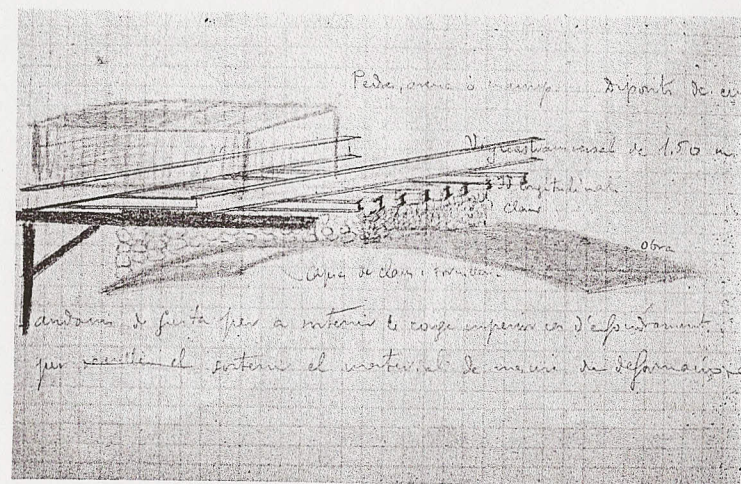
D'aquesta primera comunicació, que porta per títol "Examen de les voltes d'escala (a D. Josep Puig i Cadafalch)" i que ocupa unes quantes pàgines de la "llibreta", n'hem trobat també un mecanografiat corregit. Els resultats expressats en aquest mecanografiat resultaren posteriorment publicats per Joan Bergós,<sup>12</sup> i per això no inclourem aquí el text d'aquesta comunicació de la qual només farem un breu comentari.

Terradas hi comença definint la volta d'escala, i diu "és una làmina de superfície corba. Les forces exteriors són el pes propi, la sobrecàrrega estàtica i la dinàmica dels pesos mòbils. La deformació de la volta, considerada com la d'una làmina, ha de tenir en compte les condicions en els límits, que són: o bé dos empotraments i un suport o tres empotraments en tres dels costats. L'altre costat és lliure."

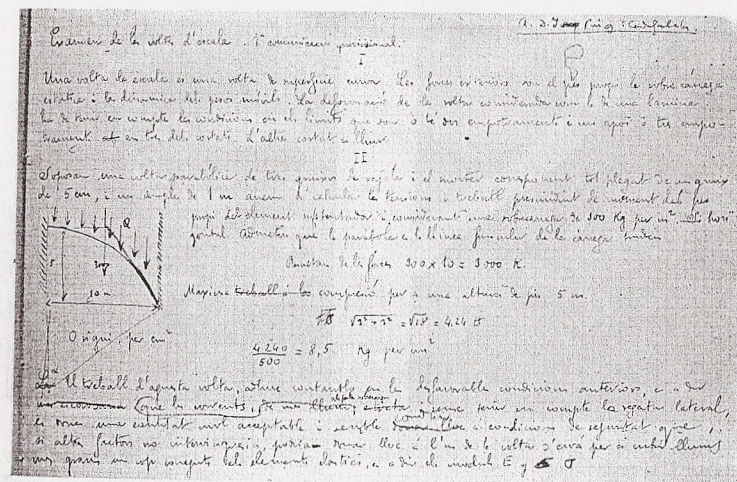
Aplica, a continuació, el càlcul usual a la volta de Guastavino i mostra com, sense tenir en compte la regata lateral, aquella s'aguanta tot donant xifres acceptables pel que fa al treball a compressió i a tracció de la secció recta. Però, diu, "el treball de la secció recta no és "abastant" per a obtenir l'estabilitat de la volta. La singularitat de la volta d'envà és el poc gruix. Sistemes elàstics en que una o dues dimensions siguin molt petites respecte d'altre o d'altres presenten determinades inestabilitats. El cas més senzill és el descobert per Euler o cas ordinari de flambatge de figures rectes. Mes existeix flambatge semblant en plaques i en làmines corbes. El càlcul de la resistència de les voltes d'escala rau en l'establiment d'una fórmula convenient per al flambatge de làmines corbes amb determinades condicions límits."

Després Terradas anuncia que continuarà treballant en la recerca d'un aparell operatiu adient, ja que "El problema no pot atacar-se per la integració directa de les fórmules de Love. Assajaré l'aplicació de dos mètodes. L'aproximat de Ritz "Neue Methode zur Lösung gewisser variations problems", o la utilització de la condició de Jacobi sobre l'existència d'un camp d'extremals que faci mínima l'energia potencial."<sup>13</sup>

Seguidament, usant un aparell analític aproximat, amb fórmules dels tractats de Maier i Timoshenko, Terradas mostra la realitat de les seves afirmacions. El fet que la volta de Guastavino necessita la regata lateral i el fet, en canvi, que en el cas de les voltes per tranquil usuals d'escala traçades en una semiplanta, és a dir de dimensions menors, aquella condició, d'encasrar una tercera cara de la làmina, no es fa necessària.



Terradas anava escrivint i dibuixant a la "llibreta de la volta" allò que pensava fer i allò que anava fent. Aquest dibuix preparava un dels assaigs.

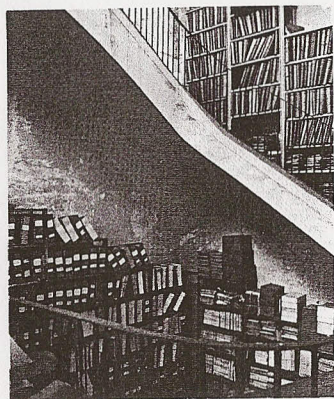


Pàgina de la "llibreta de la volta" en la qual Terradas comença a resumir el que serà el seu informe a Puig i Cadafalch.





Ningú sabia perquè, però aquestes voltes resistien: els tècnics de sota l'escala en són ben convençuts.



Tram de l'escala de Ca'n Batlló, construïda per Guastavino, que Terradas es proposà examinar.



La volta de maó de pla va ser emprada en innumerables edificis, de vegades amb gran expressivitat. Interior de la fàbrica Aymerich Amat i Jover de Terrassa construïda l'any 1909.

#### ELS ESTUDIS CONTINUEN

Després de la comunicació provisional, la "llibreta de la volta" conclou tot recollint diverses operacions de càlcul analític, entre els quals es troben diverses provatures basades en el mètode de Ritz anunciat.

L'any següent, el 1921, l'Enciclopedia Espasa publica sota la veu "placa",<sup>14</sup> un article d'Esteve Terradas on apareix l'aplicació de les fórmules de Ritz a la volta d'escala tot fent una hipòtesi de corba cilíndrica. Allà Terradas deixa entreveure que l'assaig experimental s'ha dut a terme.

Foren continuades les investigacions? Existeixen altres comunicacions que desconexim? Notes posteriors que parlen dels assaigs i les dades obtingudes per Terradas<sup>15</sup> podrien fer pensar en l'existència de més material, però en la nostra recerca apareix un buit notable fins a l'any 1926.

Efectivament, l'any 1926, Terradas dona un curs d'"alta cultura científica" a l'Escola d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Madrid. Aquesta conferència fou integralment revisada i publicada l'any 1927 amb el títol "De la estabilidad geométrica en estructuras elásticas".<sup>16</sup> En l'apartat "C", on es desenvolupa el pandeig de les plaques i les superfícies corbes, diríem que es reflecteix el pensament definitiu de l'autor sobre els temes que ens ocupen però no s'arriba a establir l'aparell analític necessari per al càlcul de les voltes de maó de pla.

Amb el pas del temps, les repercussions dels treballs de Terradas sobre la volta restaran minimitzades perquè aquesta tècnica caurà en desús i el càlcul de làmines es referirà sobretot al formigó armat.

L'any 1934, Josep Goday, en el seu discurs d'ingrés a l'Acadèmia Catalana de Belles Arts de Sant Jordi<sup>17</sup> menciona algunes aportacions fetes per Esteve Terradas i tracta d'incorporar les noves investigacions sobre els procediments de càlcul.

Ja en la postguerra, quan la volta tornava a ressorgir com a tècnica adient per a un país emprobit, un deixeble de Terradas, Bonaventura Bassegoda, posarà al dia l'estat de la qüestió, tot deixant clar el paper cabdal que Terradas tingué en la seva discussió.<sup>18</sup>

També Joan Bergós, que fou col·laborador de Gaudí i del mateix Terradas en el Laboratori de la Mancomunitat, ens explica distints aspectes de la personalitat i dels treballs que l'enginyer realitzà a propòsit de les tècniques del maó de pla.<sup>19</sup> Bergós, amb manca de mitjans i riquesa d'idees, tractà de continuar els treballs experimentals sobre les tècniques de la volta que feia extensiu a altres tipus de construccions amb maó de pla.



## CONCLUSIONS

Podem dir, doncs, que els treballs d'Esteve Terradas i Illa sobre la volta de maó de pla representen una aportació fonamental al càlcul de la volta i, des d'ella, al càlcul de membranes i làmines corbes.

Ell intuï i comprovà el tema del pandeig, i descobrí que, a efectes de càlcul, el comportament de la volta ha d'assimilar-se al d'una làmina corba.

Bé que no arribà a determinar el procediment analític adequat per a calcular les voltes, mostrà de manera clara quin era el camí que caldria seguir.

Aquestes aportacions clarificaren completament quina era la veritable natura de les voltes de maó de pla.

En aquests resultats es destaquen sense cap dubte les excepcionals qualitats personals de Terradas i la seva capacitat de treballar científicament però hem d'anotar, especialment, la seva condició de matemàtic, de coneixedor de la Teoria de l'Elasticitat,<sup>20</sup> i la seva gran sensibilitat per tot allò que succeïa en l'entorn científic del seu món, cosa que es fa palesa en veure l'aparell operatiu que coneix i la bibliografia que utilitza. Algunes de les teories emprades per ell s'estan produint en el mateix moment del seu propi treball. I aquells eren "altres temps."

Agraïm a l'Institut l'acolliment d'aquestes notes i a Antoni Roca l'entusiasme que ens ha comunicat, essencial per a analitzar aquesta petita aportació de Terradas a la modernització de la construcció i de l'arquitectura, petita sobretot per la dimensió de la seva obra global com a enginyer i matemàtic.

## NOTES

1. Aquest material original es troba dipositat al Fons E. Terradas de l'Institut d'Estudis Catalans, acompanyat d'altres llibres i textos que constitueixen la biblioteca de l'enginyer. Alguns d'aquests materials han estat consultats en el transcurs de la nostra recerca. Complementàriament, hem fet servir els fons de la biblioteca del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya i la del Col·legi d'Aparelladors de Barcelona, sobretot en el que fa referència als aspectes de la història del càlcul de la volta.
2. Altres aspectes històrics poden consultar-se en els textos citats a les notes 16, 17 i 18 d'aquest treball. Una àmplia bibliografia sobre el tema de les voltes i de les de maó de pla pot trobar-se a: BASSEGODA NONELL, J.: *La ceràmica popular en la arquitectura gòtica*. Ediciones Thor. Barcelona 1983. (Hem consultat la 3a edició.)
3. A més d'escriure obres sobre el tema, Guastavino publicà les sèries d'assaigs a: GUASTAVINO, R.: *Essay on the theory and history of Cohesive Construction. Applied especially to the timber vault*. Ticknor and Company. Boston 1893.
4. MARTORELL, J.: "Estructuras de ladrillo y hierro atirantado en la arquitectura catalana moderna". *Anuario de la Asociación de Arquitectos de Cataluña, para 1910*. (pp. 119 a 146). Barcelona 1910.
5. DOMÈNECH Y ESTAPÀ, J.: "La fábrica de ladrillo en la construcción catalana". *Anuario de la Asociación de Arquitectos de Cataluña para 1900*. (pp. 37 a 48). Barcelona 1900.

6. CARDELLACH, F.: *Filosofía de las estructuras* (pp. 57 i següents). Editores Técnicos Asociados. Barcelona 1970. La primera edició és del 1910.
7. RUBIO, J.: "Dificultats per a arribar a la síntesi arquitectònica". *Anuari de l'Associació d'Arquitectes de Catalunya per 1913* (pp. 63 a 79). Barcelona 1913.
8. BAYO, J.: "La bóveda tabicada". *Anuario de la Asociación de Arquitectos de Catalunya para 1910* (pp. 158 a 184). Barcelona 1910. (Transcripció segons les notes preses per l'alumne de l'Escola d'Arquitectura, Amadeu Llopart.)
9. Per exemple, els estudis de Joan Bergós en els mateixos laboratoris que havien estat de la Mancomunitat de Catalunya i a l'Escola del Treball.
10. Això insinua Terradas en un paràgraf ratllat de la "primera comunicació provisional". Tot i que hem cercat alguns assaigs fets al laboratori de la Mancomunitat durant els anys 1919 i 1920 no hem sabut establir cap correlació entre ells i les dades de la "llibreta de la volta".
11. Les tensions deduïdes a la "llibreta" són: per gruix de 3 cm i 2 rajoles agafades amb morter de ciment, 3,3 kg/cm<sup>2</sup> a la compressió i 0,7 kg/cm<sup>2</sup> a la tracció; suposant que fallés l'adherència i només treballés una rajola, 9,3 kg/cm<sup>2</sup> a la compressió i 6,7 kg/cm<sup>2</sup> a la tracció; i suposant que treballessin les dues rajoles però per separat, 4,65 kg/cm<sup>2</sup> a la compressió i 3,35 kg/cm<sup>2</sup> a la tracció.
12. Bergós publicà aquests resultats a: BERGÓS, J.: *Materiales y elementos de construcción. Estudio experimental*. Editorial Bosch, Barcelona 1953. Sota el títol "Orientaciones de Terradas" a les pp. 260-261 i 263, tot indicant que Terradas les hi proporcionà, però sense fer cap esment de l'encàrrec de Puig i Cadafalch. Bergós utilitza la paraula "flambaje" tal i com Terradas solia usar "flambatge" per a denominar el pandeig.
13. Hem corregit lleugerament l'ortografia, de vegades vacil·lant, de Terradas.
14. *Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo-Americana*. Hijos de J. Espasa editores. Barcelona 1921. Al volum 45, la veu "placa", pp. 197 a 241.
15. Veure Goday nota 17; Bergós, notes 12 i 19; i Bassegoda, nota 18.
16. TERRADAS, E.: *De la estabilidad geométrica en estructuras elásticas*. Talleres Voluntad, Madrid 1926 (pp. 152 i següents).
17. GODAY, J.: *Estudi històric i mètodes de càlcul de les voltes de maó de pla*. Acadèmia Catalana de Belles Arts de Sant Jordi. Barcelona 1934.
18. BASSEGODA MUSTÉ, B.: *La bóveda catalana*. Discurso de entrada a la Real Academia de Ciencias y Artes. Talleres Bas (Igualada). Barcelona 1947. Existeix una altra publicació del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento) editada a Madrid [s.d.], amb el nom de *Bóvedas Tabicadas*. La mateixa conferència es troba inclosa al llibre: *Algunos Ensayos sobre Técnica Edificatoria*. Universitat Politècnica de Barcelona, Barcelona 1974.
19. BERGÓS, J.: *Tabicados huecos*. Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña y Baleares. Barcelona 1965, pp. 17-18 i 19 (en les pàgines anteriors parla dels precedents de la volta de maó de pla).
20. *Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo-Americana*. Hijos de J. Espasa editores. Barcelona [1914]. Al volum 19, veu "elasticitat" pp. 461 a 478. L'autor del text és E. Terradas.